



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

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

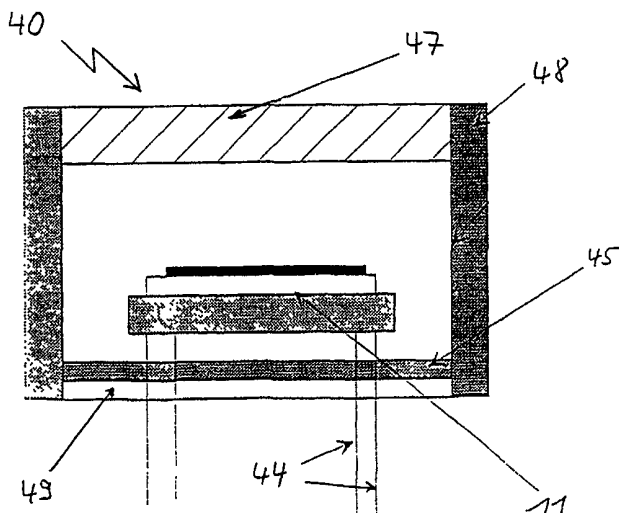
<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : A62B 9/00, G01N 33/00</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/54840</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 21. September 2000 (21.09.00)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/02371</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 17. März 2000 (17.03.00)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 199 11 867.1 17. März 1999 (17.03.99) DE 199 11 869.8 17. März 1999 (17.03.99) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): T.E.M.! TECHNISCHE ENTWICKLUNGEN UND MANAGE- MENT GMBH [DE/DE]; Kirchenweg 15, D-63840 Hausen (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RUMP, Hanns [DE/DE]; Kirchenweg 15, D-63840 Hausen (DE). KIESEWETTER, Olaf [DE/DE]; Neue Sorge 32a, D-98716 Gschwenda (DE). KLEIN, Rainer [DE/DE]; Kleppingstrasse 3, D-58239 Schwerte (DE). SUPPLY, Carsten [DE/DE]; Lange Fuhr, D-44149 Dortmund (DE). SCHOCKEN- BAUM, Heinz-Walter [DE/DE]; Friedrich-Liszt-Strasse 7, D-59425 Unna (DE). VOSS, Wolfgang [DE/DE]; Bleichstrasse 18, D-58638 Iserlohn (DE). GERHART, Jessica [DE/DE]; Kirchenweg 15, D-63840 Hausen (DE).</p>	<p>(74) Anwalt: MIERSWA, Klaus; Friedrichstrasse 171, D-68199 Mannheim (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten: DE, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	

(54) Title: METHOD AND SENSOR DEVICE FOR DETECTING GASES OR FUMES IN AIR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SENSORVORRICHTUNG ZUR DETEKTION VON IN LUFT ENTHALTENEN GASEN ODER DÄMPFEN

(57) Abstract

The invention relates to a method and a sensor device comprising a sensor element for detecting gases and fumes in air. The sensor element is preferably a heated metal-oxide sensor having a heating structure and a gas-sensing layer whose temperature can be kept constant by means of the heating structure and a control device. To protect it against air currents the sensor element is positioned in a preferably heat-insulated casing into which gas is able to penetrate by passing through a gas-permeable diffusion layer. According to a method provided for by the invention the resistance of the heating structure, which serves as a measure of the temperature of the gas-sensing layer, is used as a reference for temperature control. The temperature of the sensor element is influenced in a targeted fashion by the addition of other disturbance quantities to the control quantity sensor temperature. Evaluation is carried out by comparison of the current sensor signal with a reference value which is formed from the weighted average signal and adjusts to the prevailing situation.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Sensorvorrichtung mit einem Sensorelement zur Detektion von Gasen und Dämpfen in Luft. Das Sensorelement ist bevorzugt ein beheizter Metalloxid-Sensor mit Heizstruktur und gassensitiver Schicht, deren Temperatur mittels der Heizstruktur und einer Regeleinrichtung konstant gehalten werden kann. Das Sensorelement ist zum Schutz vor Luftströmungen in einem vorzugsweise wärmedämmenden Gehäuse angeordnet, in welches Gas durch eine gasdurchlässige Diffusionsschicht hindurchtreten kann. Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren wird der Widerstand der Heizstruktur, der ein Maß für die Temperatur der gassensitiven Schicht ist, als Temperatur-Referenz für die Regelung genutzt. Die Temperatur des Sensorelements wird gezielt beeinflusst, indem der Regelgrösse "Sensortemperatur" weitere Störgrößen hinzugefügt werden. Die Auswertung erfolgt durch Vergleich des jeweils aktuellen Sensorsignals mit einem Referenzwert, der aus dem gewichteten Durchschnittssignal der Sensorwerte gebildet wird und der sich an die jeweilige Situation adaptiert.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren und Sensorvorrichtung zur Detektion von
in Luft enthaltenen Gasen oder Dämpfen

5 Technisches Gebiet:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Sensorvorrichtung zur Detektion von in Luft enthaltenen Gasen oder Dämpfen mittels eines elektrisch beheizbaren Sensorelementes sowie eine Gasmaske, in welcher das Verfahren und die Sensorvorrichtung vorteilhaft eingesetzt sind.

10

Stand der Technik

Für den Aufbau von Gas-Sensorsystemen und insbesondere für die sensor-technische Überwachung von Atemschutzmasken sind u.a. folgende Druck-
15 schriften bekannt: DE 3 613 512; EP 0 447 619; EP 0 535 385; GB 2 266 467; DE 4 132 680; EP 0 410 071; EP 0 343 521; WO 9612523. Die dem Stand der Technik entnehmbare Lehre benutzt unterschiedliche Sensor-Technologien:

1. Elektrochemische Zellen: Nachteilig beim Einsatz elektrochemischer
20 Gasdetektionszellen ist, dass diese Zellen mehr oder weniger selektiv auf einige Gase reagieren. Die Anwendung dieser Zellen setzt daher voraus, dass im Wesentlichen nur ein Gas detektiert werden muss, welches zudem bekannt sein muss. In der Praxis wird als nachteilig bewertet, dass bei verschiedenen potentiellen gefährlichen Gasen (z.B. in der chemischen Industrie) diese Methode
25 auf Grund dieser Beschränkung fragwürdig ist. Im übrigen ist die Lebensdauer elektrochemischer Zellen begrenzt. Die Zellen sind sehr teuer.

2. Farbumschlagsreaktionen, wie sie aus den im Handel befindlichen
30 Prüfröhrchen bekannt sind. Ein Nachteil dieser Sensorik ist ihre starke Selektivität. Dies setzt voraus, dass man die zu überwachenden Gase kennt. Ein weiterer Nachteil ist, dass die zur Farbumschlagsdetektion verwendeten chemischen Reaktionen häufig nicht reversibel sind, es handelt sich also um Einwegensoren, die vor jedem Einsatz speziell ausgewählt werden müssen und anschliessend nicht wieder verwendet werden können.

3. Metall-Oxid-Sensoren nach dem Taguchi-Prinzip: Der Vorteil dieser Sensoren ist, dass sie auf alle gas- und dampfförmigen Substanzen in der Luft reagieren, welche oxidierbar oder reduzierbar sind. Je nach Zusammensetzung der gassensitiven Schicht wird durch oxidierbare Substanzen z.B. der elektrische Widerstand verringert. Reduzierbare Substanzen erhöhen in diesem Fall den elektrischen Widerstand. Der Nachteil ist, dass die Sensoren beheizt werden müssen, was Energie verbraucht und dem Betrieb des Sensorsystems mit Batterien enge Grenzen setzt. Ein weiterer Nachteil ist die erhebliche Drift des Sensorwertes in Normalluft, z.B. wenn sich die Lufttemperatur und/oder die Luftfeuchte ändern.

Jeder Taguchisensor weist als gassensitive Schicht einen elektrischen Halbleiter auf. Alle Halbleiter ändern z.B. ihren Widerstand u.a. mit der Temperatur. Zusätzlich ändern sich mit der Temperatur die Reaktionsgeschwindigkeit und Empfindlichkeit des Sensorelementes in Bezug auf die Zielgase, so dass sich die Kennlinien gegenüber den verschiedenen Gasen bei unterschiedlichen Temperaturen erheblich voneinander unterscheiden können. Aus diesen Gründen ist es notwendig, die Temperatur der gassensitiven Halbleiterschicht in engen Grenzen stabil zu halten

Selbst wenn die Temperatur der Heizstruktur völlig konstant gehalten werden könnte, wäre damit trotzdem keine unter allen Umständen konstante Temperatur der gassensitiven Schicht erreichbar, weil der Temperaturgradient zwischen dieser und der umgebenden Luft sehr groß ist und durch die vom Sensorelement durch Strahlung und konvektiv abgegebenen Wärme beeinflusst wird. Die vom Sensorelement an die Umgebung abgegebene Wärmeenergie ist zum einen eine Funktion des Temperaturgradienten, andererseits eine Funktion der Strömungsgeschwindigkeit der Luft relativ zum Sensorelement.

Daher wird man trotz aufwendiger elektronischer Regelungen in der Praxis immer erhebliche Schwankungen des Sensorwiderstandes in Normalluft feststellen, was in der Vergangenheit den Einsatz von Halbleitersensoren erheblich eingeschränkt hat, da der Grundwiderstand der gassensitiven Schicht mit der Temperatur massiv schwankt.

Es ist bekannt, Sensorsignale derart auszuwerten, daß die aktuellen Signale des Sensors mit einem über eine bestimmte Zeit gebildeten Mittelwert vorausgegangener Sensorsignale verglichen werden. D.h., es wird die Differenz zwischen aktuellem Signal und Mittelwert ausgewertet. Beispielsweise kann ein
5 Schaltsignal ausgelöst werden, wenn der Betrag dieser Differenz einen bestimmten Wert übersteigt.

Treten plötzlich Ereignisse auf, auf die der Sensor anspricht, lassen sich diese mit dieser Methode sehr gut detektieren. Langsame und/oder nur kleine Änderungen
10 des Sensorwiderstandes führen dagegen zu keinen Auswertungen bzw. Schaltsignalen.

Langsame Änderungen des aktuellen Sensorsignals, die entweder durch ein Driftverhalten des Sensors selbst oder aber durch eine Änderung der
15 Konzentration einer Dampf- oder Gasbeimengung in der Umgebungsluft verursacht sein können, werden ignoriert.

Hingegen wird beim Auftreten von plötzlichen Konzentrationserhöhungen oxidierbarer Gase in der Umgebungsluft zuverlässig ein Schaltsignal generiert.
20

In vielen Fällen ist es aber sehr wichtig, daß auch ein langsamer Anstieg von Gaskonzentrationen sicher detektiert wird. Dies ist z.B. wichtig bei der Überwachung von Atemschutzmasken, weil z.B. bei der Sättigung des Filters dieser typisch nicht plötzlich seine Funktion verliert, sondern die
25 Abscheideleistung des Filters meistens schleichend schlechter wird. Auch könnte sich die Konzentration toxischer Gase sehr langsam erhöhen, was auf jeden Fall detektiert werden muß. Die oben erläuterte Methode der Signalauswertung kann aus den erwähnten Gründen hierfür nicht ohne weiteres angewandt werden.

30 Der derzeitige Stand der Technik gibt keine brauchbare Lehre an, wie trotz der offenkundigen Stabilitäts-Nachteile der Taguchi-Sensoren diese in Applikationen genutzt werden können, in welchen Sicherheit gegenüber Fehlalarm und die gleichzeitige Fähigkeit zur Detektion auch kleiner Konzentrationen und/oder kleiner Konzentrationsänderungen gefordert wird.

Atenschutzmasken werden u.a. zum Schutz vor dampf- oder gasförmigen und gesundheitsgefährdenden Verunreinigungen der Atemluft verwendet. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um Schutzmasken, die das gesamte Gesicht bedecken. Die Atemluft wird durch auswechselbare Filterpatronen gefiltert. Die Filterwirkung beruht in der Regel auf Adsorptionsprozessen an Aktivkohle. Die 5 Aktivkohle der Filterpatronen ist den Erfordernissen entsprechend modifiziert und wird durch zusätzliche Staubfilter ergänzt. Die Abdichtung der Maske an der Gesichtskontur erfolgt über flexible Dichtlippen an der Maske. Die Trennung von Zuluft (Einatmen) und Abluft (Ausatmen) erfolgt in der Regel über 10 Klappenventile, die den Maskeninnenraum in der Luftführung in zwei Bereiche trennen, den Mund/Nasenraum, der durch die inneren Halbmaske gebildet wird, und den Augenraum. Der Augenraum ist dabei frei von Abluft und wird bestimmungsgemäß nur von gefilterter Frischluft durchströmt, von dort gelangt die Frischluft beim Einatmen über Klappenventile in der Trennwand zwischen 15 den beiden Bereichen in den Mund/Nasenraum. Beim Ausatmen werden diese Ventile durch den entstehenden Überdruck geschlossen und die Abluft gelangt über zusätzliche Ventile nach außen.

Eine ordnungsgemäße Funktion vorausgesetzt, kann eine solche Schutzmaske den Träger eine begrenzte Zeit vor der gesundheitsgefährdenden Wirkung von 20 Luftverunreinigungen schützen. Je nach Konzentration der Schadstoffe sind die Filterpatronen aber nach einiger Zeit erschöpft und lassen in Ihrer Filterwirkung nach. Dieses Nachlassen in der Filterwirkung erfolgt allerdings nicht plötzlich, sondern je nach Konzentration langsam ansteigend. Entsprechendes ergibt sich 25 für die Schadstoffkonzentration in der Zuluft (Atemluft). Die Filter-/Maskenhersteller empfehlen in Ihren Gebrauchsanweisungen den Filter zu wechseln, "wenn über Geruch oder Geschmack ein Nachlassen der Filterwirkung festgestellt wird". Dieses Verfahren ist, wenn nicht gar menschenverachtend, zumindest äußerst bedenklich, da insbesondere bei langsamen Nachlassen der 30 Filterwirkung das Adaptionsverhalten des Geruchssinns dazu führt, daß gesundheitsgefährdende Schadstoffkonzentrationen innerhalb der Maske erst sehr spät wahrgenommen werden können. Zudem sind einige toxische Gase wie z.B. Kohlenstoffmonoxid (CO) geruch- und geschmacklos, so daß diese nicht wahrgenommen werden können, sondern erst anhand ihrer toxischen Wirkung

auf den menschlichen Organismus erkannt werden. Dies kann aber bereits zu ernsthaften gesundheitlichen Schäden oder sogar zum Tod führen. Ein weiteres wesentliches Problem stellt die Abdichtung der Maske mit Hilfe der Dichtlippe an der Gesichtskontur dar. Es werden zwar verschiedene Maskengrößen angeboten, 5 dennoch ist eine zuverlässige Abdichtung bedingt durch die unterschiedlichsten Gesichtsformen nicht immer gewährleistet. Dies wird bei Barträgern noch zusätzlich erschwert.

Recherchen haben ergeben, daß es keine verwertbaren Statistiken zu Unfällen, 10 Gesundheitsschäden oder Todesfällen gibt, welche auf nicht ordnungsgemäß funktionierende Atemschutzmasken zurückzuführen sind. Auf Grund der geschilderten Sachverhalte und der Forderungen der Berufsgenossenschaften und Institutionen zum Arbeitsschutz kann aber davon ausgegangen werden, daß der persönliche und der volkswirtschaftliche Schaden, der durch die Folgen 15 nicht-bestimmungsgemäß funktionierender Atemschutzmasken verursacht ist, sehr groß ist.

Es besteht also die Notwendigkeit eines Überwachungssystems, welches das Eindringen von Schadstoffen in den Zuluftbereich der Atemschutzmaske 20 zuverlässig anzeigt und damit den Nutzer vor gesundheitlichen Risiken schützt.

Es gibt zahlreiche Vorschläge einer technischen Lösung, welche aber in der Regel technisch unzureichend sind, Bisher ist jedenfalls keines der vorgeschlagenen Systeme am Markt erhältlich, obwohl eine dringende Nachfrage besteht. 25

In US4873970 wird eine Lösung vorgeschlagen, bei der eine Warneinrichtung mit einer elektrochemischen Zelle in einem Gehäuse zwischen Filter und Maske angebracht wird. Eine wesentlicher Nachteil dieses Lösungsansatzes ist die Tatsache, daß nur die toxischen Gase erfaßt werden können, die über den Filter 30 in die Atemluft gelangen. Undichtigkeiten der Maske, insbesondere an der kritischen Dichtfläche zwischen Maske und Gesichtskontur können nicht erkannt werden.

Nachteilig beim Einsatz elektrochemischer Gasdetektionszellen ist, daß diese Zellen in der Regel selektiv nur auf einzelne Gase reagieren. Die Anwendung dieser Zellen setzt daher voraus, daß im Wesentlichen nur ein Gas detektiert werden muß, welches zudem bekannt sein muß. In der Praxis wird als nachteilig
5 bewertet, daß bei verschiedenen potentiellen gefährlichen Gasen (z.B. in der chemischen Industrie) diese Methode auf Grund dieser Beschränkung fragwürdig ist. Im übrigen ist die Lebensdauer elektro- chemischer Zellen begrenzt. Die Zellen sind sehr teuer.

10 In EP0447619 wird eine analoge Warneinrichtung wie in US4873970 angegeben der Erfindung liegt im wesentlichen die Aufgabe zugrunde, dem Geräteträger auch bei Lärm und schlechter Sicht den Erschöpfungszustand des Gasfilters anzuzeigen. Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, daß durch eine entsprechende Vorrichtung bei Erschöpfung des Filters der Atemwiderstand
15 spürbar erhöht wird und somit der Geräteträger aufmerksam gemacht wird.

Neben den für US4873970 angegebenen Nachteilen kommt in EP0447619 zusätzlich hinzu, daß der durch den erschöpften Filter ohnehin schon mit Schadstoffen belastete Geräteträger noch zusätzlich mit einem erhöhten
20 Atemwiderstand belastet wird. Da aber neben den durchbrechenden Schadstoffen aber auch lebensnotwendiger Sauerstoff durch die Widerstandserhöhung in geringerem Maße aufgenommen wird und der Geräteträger unter Umständen noch einen weiten Weg zurückzulegen hat, um den schadstoffbelasteten Bereich sicher zu verlassen oder das Filter zu wechseln, bedeutet die Erhöhung des
25 Atemwiderstandes ein zusätzliches Risiko, das unter allen Umständen zu vermeiden ist.

In EPO535395 wird eine Lösung angegeben, bei der eine Überwachung sowohl des Filters als auch einer allgemeinen Undichtigkeit der Maske erfolgt, Dies wird
30 dadurch erreicht, daß ein Farbumschlagsindikator auf der inneren Halbmaske angebracht wird. Hierdurch wird erreicht, daß die gesamte inhalierte Luft den Sensor passieren muß. Als Indikator ist eine Scheibe mit einem Farbumschlagsindikator vorgesehen. Farbumschlagsindikatoren haben jedoch den Nachteil, daß wiederum im voraus bekannt sein muß welches Gas detektiert

werden soll. Zudem handelt es sich dabei um nicht-reversible Reaktionen die eine Mehrfachverwendung ausschließen. Entsprechendes gilt für den in GB2266467 angegebenen Lösungsvorschlag.

- 5 Die in EP0343531 und W09612523 angegebenen Lösungsvorschläge sind ebenfalls lediglich in der Lage ein erschöpftes Filter anzuzeigen. Undichtigkeiten in der Maske oder in der Dichtfläche zum Gesicht können nicht erkannt werden.

Technische Aufgabe:

- 10 Der Erfindung liegt deshalb Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Sensorvorrichtung zur Detektion von in Luft, insbesondere in der Atemluft, enthaltenen Gasen oder Dämpfen mit hoher Sicherheit gegen Fehlalarm bereitzustellen, wobei auch kleine Konzentrationen und/oder kleine Konzentrationsänderungen detektierbar sind, sowie eine Atemschutzmaske mit
15 Sensor-Mikrosystem anzugeben, mit dem die meisten im Handel befindlichen Masken nachrüstbar sind, wobei mit nur einem integriertem Sensor-Mikrosystem die am häufigsten vorkommenden Schadstoffe, z.B. Dämpfe organischer Lösungsmittel (VOC), Kohlenstoffmonoxid (CO) Schwefeldioxid (SO₂) Ammoniak (NH₃), und weitere zuverlässig detektiert werden können, neben der
20 Erschöpfung des Filters auch jede Undichtigkeit der Maske erkannt und dem Träger signalisiert werden, das Sensor-Mikrosystem zum Zwecke der Reinigung der Maske leicht entfernt und wieder montiert werden kann.

Offenbarung der Erfindung und deren Vorteile:

- 25 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben eines Sensorelementes zur Detektion von in Luft enthaltenen Gasen oder Dämpfen, das eine gassensitive Schicht aufweist und mittels einer Heizstruktur elektrisch beheizbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Sensorelementes geregelt wird und der Temperatursollwert in Abhängigkeit von
30 der Größe oder dem zeitlichen Verhalten des Sensorsignals mittels einer Störgrößenaufschaltung zumindest zeitweise verändert wird.

Eine Sensorvorrichtung zur Detektion von in Luft enthaltenen Gasen oder Dämpfen mittels eines Sensorelementes, das eine gassensitive Schicht aufweist

und mittels einer Heizstruktur elektrisch beheizbar ist, zur Durchführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement in einem Gehäuse angeordnet ist, welches das Sensorelement von außerhalb des Gehäuses stattfindenden Luftbewegungen abschirmt, wobei das Gehäuse eine Diffusions-
5 schicht aufweist, durch welche per Diffusion ein Durchgang von Gas und Dampf von außen in das Innere des Gehäuses und umgekehrt möglich ist.

Eine erfindungsgemäße Atemschutzmaske mit zum Zwecke der Maskenreinigung leicht entfernbarem SensorMikrosystem, bestehend aus Sensor, Elektronik mit
10 Mikroprozessor und Steuerungs/Auswertesoftware, ist dadurch gekennzeichnet, daß das Mikrosystem den Träger oder andere Personen über in die Maske eindringende Schadstoffe informiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren und das erfindungsgemäße Sensorsystem sind
15 sehr vorteilhaft in einer erfindungsgemäßen Atemschutzmaske einsetzbar. Eine erfindungsgemäße Atemschutzmaske kann sehr vorteilhaft mit einem erfindungsgemäßen Verfahren und einem erfindungsgemäßen Sensorsystem betrieben werden.

20 Anwendungen sind u.a. der Schutz von Menschen, die Atemschutz-Ausrüstungen (z.B. Atemschutz-Masken) benutzen. Eine weitere Anwendung besteht in der Überwachung von Klima- und Lüftungsanlagen in Bezug auf die (unerwünschte) Anwesenheit von Gasen und Dämpfen. Weiter kann mit erfindungsgemäßen Gasetektoren die Lüftung von Fahrzeugen derart gesteuert werden, daß die
25 Lüftung unterbrochen wird, wenn außerhalb des Fahrzeuges Gaskonzentrationen detektiert wird. Weiter kann mit erfindungsgemäßen Gasetektoren die Lüftung von Räumen oder Gebäuden bedarfsgerecht derart erfolgen, daß die Lüftungsrate an die Konzentration z.B. organischer Luftinhaltsstoffe (Gase, Dämpfe) gekoppelt ist. Weiter kann mit den erfindungsgemäßen Gasetektoren die Überwachung
30 der Luft in Hinblick auf zündfähige bzw. explosionsgefährdete Gas-Luftgemische erfolgen.

Der in dieser Erfindung angegebene Sensor der Sensorvorrichtung ist ein Taguchi-Sensor, der – wie jeder Taguchisensor – als gassensitive Schicht einen elektrischen Halbleiter aufweist.

5 Aus diesem Grunde ist es notwendig, die Temperatur der gassensitiven Halbleiterschicht in engen Grenzen stabil zu halten. Zu diesem Zweck sind bereits Temperatur-Regelungen von Sensoren bekannt, wobei einige nutzen die Tatsache ausnutzen, dass die Sensoren Heizungsstrukturen aus Platin oder einem anderen Material mit ausgeprägtem Temperatur-Koeffizienten aufweisen.
10 Dem Fachmann sind Methoden bekannt, wie derartige Heizer so angesteuert werden können, dass der Widerstand des Heizers als IST-Referenz eingesetzt wird.

Das Sensorelement weist ein Sensorsubstrat, eine gassensitive Schicht und eine
15 zwischen diesen angeordnete Heizstruktur auf. Die Heizstruktur wird elektrisch über einen Aussenwiderstand angesteuert, welcher so dimensioniert ist, dass der Stromfluss das Sensorelement keinesfalls auf die Soll-Temperatur aufheizen wird. Vielmehr wird periodisch von einem zentralen Steuer- und Regelgerät, vorteilhaft als Mikrocontroller ausgebildet, über eine Steuerleitung ein Impuls
20 auf einen Schaltbaustein gegeben, welcher einen energiereichen Schaltimpuls an die Heizstruktur abgibt. Außenwiderstand und Heizstruktur bilden einen Spannungsteiler.

Nach Abschalten dieses Impulses wird diejenige Spannung über einen ersten
25 A/D-Wandler gemessen, die am Spannungsteiler zwischen Heizstruktur und Außenwiderstand abgegriffen wird.

Ist die Spannung zu hoch, wird bei den nächsten Perioden der Heizimpuls oder die Anzahl der Heizimpulse verkürzt. Sollte die Spannung hingegen zu klein sein,
30 wird bei den nächsten Perioden der Heizimpuls oder die Anzahl der Heizimpulse verlängert.

Die Impedanz der gassensitiven Schicht des Sensorelementes wird mit dem zentralen Steuer- und Regelgerät, geeigneter Software und einem zweiten A/D-

Wandler, der an die gassensitive Schicht angeschlossen ist, gemessen und steht damit als Signal zur Auswertung zur Verfügung. Im einfachsten Fall wird hierbei lediglich der ohmsche Widerstand gemessen.

5 Selbst wenn die Temperatur der Heizstruktur völlig konstant wäre, kann damit trotzdem keine unter allen Umständen konstante Temperatur der gassensitiven Schicht erreicht werden, weil der Temperaturgradient zwischen dieser und der umgebenden Luft sehr groß ist und durch die vom Sensorelement durch Strahlung und konvektiv abgegebenen Wärme beeinflusst wird. Die vom
10 Sensorelement an die Umgebung abgegebene Wärmeenergie ist zum einen eine Funktion des Temperaturgradienten, andererseits eine Funktion der Strömungsgeschwindigkeit der Luft relativ zum Sensorelement.

Daher wird man trotz aufwendiger elektronischer Regelungen in der Praxis
15 immer erhebliche Schwankungen des Sensorwiderstandes in Normalluft feststellen, was in der Vergangenheit den Einsatz von Halbleitersensoren erheblich eingeschränkt hat, da der Grundwiderstand der gassensitiven Schicht mit der Temperatur massiv schwankt.

20 Eine erfindungsgemäße Sensorvorrichtung weist daher ein Sensorelement auf, das in einem Gehäuse angeordnet ist, welches lufttechnisch verschlossen ist und Luftbewegungen außerhalb des Gehäuses keinen Zutritt zum beheizten Sensorelement gestattet. Das Gehäuse ist bevorzugt so ausgebildet, daß sein Innenraum thermisch gegen die Umgebung isoliert ist.

25 In dem Gehäuse bildet sich nach einiger Zeit ein thermisches Gleichgewicht zwischen der Heizstruktur, dem Sensorsubstrat als Wärmespeicher und der gassensitiven Schicht aus, weil auch die Luft in deren Umgebung auf ein höheres Niveau aufgeheizt und der Temperaturgradient zwischen Luft und
30 Sensorelement damit verkleinert wird. Die durch den Temperaturgradienten zwischen Luft und Sensorelement verursachten unerwünschten Schwankungen des Sensorwiderstandes werden auf diese Weise erfindungsgemäß wesentlich reduziert.

Das Gehäuse weist erfindungsgemäß eine semipermeable Diffusionsschicht auf, welche für Luftströmungen praktisch undurchlässig ist, jedoch von diffundierenden Luft- und Gasteilchen durchdrungen werden kann. Erfindungsgemäß diffundieren somit aufgrund der unterschiedlichen Partialdrücke innerhalb und außerhalb des Gehäuses Gase durch die Diffusionsschicht in das Gehäuse hinein oder aus ihm hinaus, wobei jedoch eine Luftzirkulation durch die Diffusionsschicht hindurch praktisch unterbunden ist. Aufgrund von Luftbewegungen durch die semipermeable Diffusionsschicht hindurch induzierte Wärmeströme sind daher ausgeschlossen oder zumindestens sehr stark eingeschränkt.

In einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung ist das Gehäuse einschließlich der Diffusionsschicht wärmedämmend und/oder thermisch isolierend ausgebildet.

Hierdurch wird in Kombination mit einer sehr exakten Heizungs-Regelung erreicht, daß sich in einem sehr weiten Temperaturbereich keinerlei Auswirkungen der Umgebungstemperatur auf den Sensorwiderstand in Normalluft mehr zeigen.

Ein weiterer Vorteil ist, daß sich der Energiebedarf des Sensorelementes durch die erfindungsgemäße wärmedämmende und/oder thermisch isolierte Ausbildung des Gehäuses und der Diffusionsschicht erheblich verringern läßt, was beim Betrieb mit Batterien sehr wichtig und vorteilhaft ist.

Wie oben bei der Erläuterung des Standes der Technik bereits erwähnt, ist es bekannt, die Differenz zwischen aktuellem Signal und Mittelwert auszuwerten. Treten plötzlich Ereignisse auf, auf die der Sensor anspricht, lassen sich diese mit dieser Methode sehr gut detektieren. Langsame und/oder nur kleine Änderungen des Sensorwiderstandes führen dagegen zu keinen Auswertungen bzw. Schaltsignalen. Das aktuelle Sensorsignal wird über eine bestimmte Zeit gemittelt und mit einem konstanten Wert addiert, so daß sich ein im Mittel geringfügig oberhalb des Sensorsignals liegendes gemittelt Signal ergibt, das als Referenzsignal herangezogen wird. Treten Ereignisse auf, die den Wert des

aktuellen Sensorsignals auf Werte oberhalb des Referenzsignals verändern, wird ein Schaltsignal ausgelöst. Langsame Änderungen des aktuellen Sensorsignals werden ignoriert. Hingegen wird beim Auftreten von plötzlichen Konzentrationserhöhungen oxidierbarer Gase in der Umgebungsluft zuverlässig ein Schaltsignal generiert.

In vielen Fällen ist es aber sehr wichtig, daß auch ein langsamer Anstieg von Gaskonzentrationen sicher detektiert wird, z.B. wenn sich die Konzentration toxischer Gase sehr langsam erhöht, was auf jeden Fall detektiert werden muß. Das erläuterte Verfahren kann daher nicht ohne weiteres angewandt werden.

In einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Sensorvorrichtung wird die Heizleistung durch eine zusätzliche Größe (zur Temperatur) beeinflusst. Regelungstechnisch gesehen wird dadurch eine Störgrößen-Aufschaltung vorgenommen.

Dieser erfindungsgemäßen Idee liegt die Beobachtung zugrunde, daß Änderungen der elektrischen Parameter der gassensitiven Sicht des Sensorelementes (Widerstand, Kapazität, Induktivität) sowohl vom Angebot oxidierbarer oder reduzierbarer Gase stammen als auch das Ergebnis von Schwankungen der Luftfeuchte oder der Temperatur sein können.

Im Nachfolgenden sei der Einfachheit halber nur die Detektion oxidierbarer Gase beschrieben. Reduzierbare Gase verhalten sich prinzipiell invers, erhöhen also z.B. den Sensorwiderstand, wogegen oxidierbare Gase diesen verkleinern. Die Erfindung sinngemäß, wenn auch invers, auch für reduzierbare Gase anwendbar.

Im folgenden wird ein erfindungsgemäßes Verfahren erläutert. Zu Beginn gibt der Sensor in Normalluft bei einer bestimmten Heizleistung ein aktuelles Sensorsignal ab. Anschließend wird der Sensor mit einem Gasimpuls von bestimmter Zeitdauer beaufschlagt.

Bei unbeeinflusster Heizleistung kommt das aktuelle Sensorsignal nach Ende des Gasimpulses erst nach längerer Zeit auf den Ausgangswert zurück. Eine

Heizleistung mit Störgrößen-Aufschaltung führt hingegen zu einem durch die Heizleistung beeinflussten aktuellen Sensorsignal, welches schneller auf den Ausgangswert zurückkommt. Wird die Heizleistung immer dann z.B. proportional im Sinne einer Temperaturerhöhung nachgeführt, wenn das aktuelle
5 Sensorsignal eine Änderung durchläuft, kommt das aktuelle Sensorsignal signifikant schneller auf den Ausgangswert zurück.

Wesentlich ist, daß im Falle einer tatsächlich am Sensor anstehenden Gaskonzentration die Reaktionen der gassensitiven Schicht mit dem Gas auf
10 jeden Fall stattfinden. Die Temperaturempfindlichkeit des Sensorsignals wird durch die Einwirkung des Gases verringert. Die durch die Temperaturnachführung bewirkte Änderung des Sensorsignals ist daher während des Gasimpulses geringer als vor oder nach dem Gasimpuls. Mit anderen Worten: das
15 Sensorsignal reagiert während des Gasimpulses nur relativ schwach auf eine Änderung der Heizleistung und damit auf die Störgrößenaufschaltung. Die gasinduzierte Verminderung des aktuellen Sensorsignals nimmt daher bei Nachführung der Heizleistung annähernd den gleichen Verlauf wie bei einer
ansonsten identischen Versuchsanordnung ohne Temperaturnachführung.

Wird die Reaktion des aktuellen Sensorsignals jedoch von z.B. einer Änderung der Luftfeuchte oder einer Änderung der Lufttemperatur verursacht, so ändert
20 sich die Temperaturempfindlichkeit des Sensorsignals nicht oder nur wenig. Eine Änderung der Luftfeuchte oder einer Änderung der Lufttemperatur haben daher bei unbeeinflusster Heizleistung erheblichen und anhaltenden Einfluß auf das
aktuelle Sensorsignal.

25 Wenn jedoch bereits bei Beginn einer solchen Einwirkung die Heizleistung nachgeführt wurde, ist die durch die Temperaturnachführung bewirkte Beeinflussung des Sensorsignals deutlich größer als im Falle eines Gasimpulses. Sinnvoll ist auch die Überwachung der unteren Explosionsgrenze zum Schutz vor
30 Unfällen nach Gas-Leckagen. Mit anderen Worten: das Sensorsignal reagiert stark auf eine Änderung der Heizleistung und damit auf die Störgrößenaufschaltung. Daher ist die aufgrund einer Änderung der Luftfeuchte oder einer Änderung der Lufttemperatur verursachte Veränderung des

Sensorwertes nicht nur viel geringer, sondern auch zeitlich deutlich kürzer als im Fall einer unbeeinflussten Heizleistung.

Erfindungsgemäß ist daher die Heizungsregelung des Sensors so ausgelegt, daß die Führungsgröße des Heizungsreglers die Temperatur ist, und daß eine Störgröße auf die Regelung aufgeschaltet wird, die sich aus der Abweichung des aktuellen Sensorsignals von einem Normalwert bei Normalluft ableitet.

Sowohl die Signalverarbeitung als auch die Heizungsregelung können vorteilhaft durch einen einzigen Singlecircuit-Controller (μC) gesteuert werden.

Das vorteilhafte Ergebnis einer Kombination aus

- a. einer Anordnung des Sensorelementes in einem vorzugsweise thermisch isolierten bzw. wärmedämmenden Gehäuse mit thermisch isolierender bzw. wärmedämmender Diffusionsschicht, durch die ein Gaszutritt zum Sensorelement ohne Luftbewegung durch Diffusion erfolgen kann,
 - b. einem diffusionsbedingten Gaszutritt zum Sensor ohne Luftbewegung,
 - c. einer Heizung des Sensorelementes durch Regelung der Temperatur, wobei dem Regelkreis als Störgröße die relative Abweichung des aktuellen Sensorwiderstandes vom Widerstand des Sensorelementes unter Normalbedingungen aufgeschaltet wird,
- besteht darin, daß das Sensorsignal schnell und fast ausschließlich dem faktischen Gehalt an oxidierbaren Luftinhaltsstoffen folgt und weitaus weniger Drifterscheinungen als bisher bekannt aufweist.

Wird eine Auswertung vorgenommen, die den aktuellen Sensorwert mit einem über die Zeit ermittelten Durchschnittswert vergleicht, kann dann von deutlich geringeren Schwankungen des Sensorsignals unter Normalbedingungen ausgegangen werden, insbesondere dann, wenn das System nach einiger Zeit stabil geworden ist.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist daher die Zeitspanne, über die der Mittelwert der aktuellen Sensorsignale gebildet wird, um als Vergleichswert zum

aktuellen Sensorwert zu dienen, nicht konstant, sondern nimmt im Laufe der Betriebszeit des Systems immer weiter zu.

Der erste Vergleichswert wird aus dem Mittelwert über einen relativ kurzen Zeitraum gewonnen, weil das System unmittelbar nach dem Einschalten 5 zwangsläufig hohen eigendynamischen Schwankungen unterliegt. Nach der Einschaltphase wird diese Zeitspanne erhöht und diese erreicht schließlich im eingeschwungenen Zustand eine wesentlich längere Integrationszeit. Da der Mittelwert prinzipiell genau mit dem aktuellen Sensorsignal zusammenfallen 10 kann, wird vom errechneten Durchschnittswert ein bestimmter Betrag abgezogen, um den sogenannten Referenzwert zu bilden.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist der in Abzug zu bringende Betrag in der Anfangsphase sehr groß, so daß der Referenzwert einen großen Abstand 15 zum Sensorwert hat. Dies ist wichtig, um zu verhindern, daß im nicht-eingeschwungenen Zustand Signale ausgelöst werden, obwohl keine signifikante Gaskonzentrationsänderung auftritt. Im weiteren zeitlichen Verlauf wird der Betrag sukzessive verkleinert, so daß im eingeschwungenen Zustand sich der Referenzwert immer mehr dem Sensorwert annähert.

20 Es können weitere Verfeinerungen eingeführt werden. In einer weiteren Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Referenzwert nach heftigen gasinduzierten Sensorreaktionen wieder auf einen größeren Abstand zum Sensorwert gebracht, weil erfahrungsgemäß heftige Reaktionen des 25 Sensors zu zeitweilig instabilen Sensorverhältnissen führen.

In einer weiteren Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Berechnung des Durchschnittswertes wieder über kürzere Zeiträume vorgenommen, wenn eine gasinduzierte starke Sensorsignaländerung 30 eingetreten ist. In einer weiteren Ausführungsvariante wird die Berechnung des Durchschnittswertes für denjenigen Zeitraum ausgesetzt, in dem eine gasinduzierte Sensorsignaländerung auftritt.

Trotz der geschilderten Maßnahmen könnte der tatsächliche Gaspegel derartig langsam ansteigen, daß der Mittelwert diesem Anstieg im wesentlichen folgt. In diesem Fall könnten sich langsam erhebliche Gaskonzentrationen ausbilden, ohne daß die vorstehend beschriebene Auslösebedingung erfüllt wäre, gemäß der
5 das aktuelle Sensorsignal einen kleineren Wert annimmt als der rechnerisch ermittelte Referenzwert.

In einer weiteren Ausführungsvariante wird daher für den Referenzwert zusätzlich ein Minimalwert festgelegt, wobei der tatsächliche Referenzwert
10 niemals kleiner werden kann als dieser festgelegte Minimalwert. Der Minimalwert ist so gewählt, daß durch sensorbedingte Schwankungen diese Grenze nicht erreicht wird, andererseits die Gaskonzentration, die diesem Sensorsignal zugeordnet werden können, noch keine dauerhaften Schäden auf
15 den Menschen haben, bzw. im Falle einer z.B. Überwachung von Explosionsgrenzen (z.B. Methan-Luft-Gemisch) sich in weitem Sicherheitsabstand zur Explosionsgrenze befindet.

Kommt es (z.B. bei der Anbringung des Sensors an geeigneter Stelle in oder an Atemschutzmasken zum Zwecke der Filter- oder Dichtheitsüberwachung), zu
20 sprunghaften Änderungen der Feuchte oder Temperatur, wird bei Einsatz eines erfindungsgemäßen Verfahrens die Auswirkung dieser Einflüsse auf den Sensorwiderstand absolut kleiner und nur vorübergehend sein.

Trotzdem kann es zu einer irrtümlichen Signalauslösung kommen, die dann ein
25 unerwünschter Fehlalarm wäre. In einer weiteren Ausführungsvariante wird daher eine zeitlich versetzte Auswertung vorgenommen, die im folgenden erläutert wird.

Unter dem Sensor-Normpegel liegt ein Referenzwert. Wenn ein Gasimpuls das
30 aktuelle Sensorsignal um einen bestimmten Betrag verringert, wird der Referenzwert unterschritten und damit das Schaltkriterium erfüllt. Damit wird eine Art „stiller Voralarm“, jedoch erfindungsgemäß noch nicht das Schaltsignal ausgelöst. Erst, wenn das Schaltkriterium für eine gewisse Zeitspanne erfüllt bleibt, wird ein Schaltsignal ausgelöst, das während der restlichen Zeitspanne, in

der das aktuelle Sensorsignal niedriger bleibt als der Referenzwert, aufrecht erhalten bleibt.

Kommt es dagegen zu einem sehr kurzfristigen und daher praktisch zu vernachlässigenden Gasimpuls oder kommt es zu einem gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren zu kompensierenden Feuchteimpuls, der etwa eine Reaktion des aktuellen Sensorsignals auslöst, wird erfindungsgemäß kein Schaltsignal ausgelöst.

10 In einer weiteren Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Zeitdauer des Voralarms nicht fest definiert, sondern eine Funktion der Schnelle der Sensorsignal-Änderung oder als Funktion des absoluten Änderungsbetrages über die Zeit. Wenn also innerhalb einer festgelegten Zeitspanne eine sehr große Sensorsignaländerung eingetreten ist, kann die
15 Zeitspanne des Voralarms verkürzt werden. Dies ist vorteilhaft, um bei tatsächlich plötzlich auftretenden großen Gaskonzentrationen die Zeit bis zur Alarmauslösung so kurz wie möglich halten zu können.

Ein ähnliches Ergebnis kann erreicht werden, wenn das Sensorsignal über zwei
20 unterschiedliche Zeitdauern, z.B. sowohl über einen Zeitraum von 20 s als auch über einen Zeitraum von 300 s, gemittelt wird. Von dem über die längere Zeitdauer gebildeten Mittelwert wird, wie vorerwähnt, ein bestimmter Betrag von z.B. 2% des Normalwertes o.ä. abgezogen. Die so ermittelten Werte werden miteinander verglichen.

25 Wenn der über die kürzere Zeitdauer gebildete Mittelwert kleiner wird als der sich durch Mittelung über die längere Zeitdauer und Abzug eines bestimmten Betrages (z.B. 2 %) ergebende Wert, wird ein Schaltsignal ausgelöst.

30 Häufig ist es aber nicht sinnvoll, zur Bildung eines Referenzwertes lediglich einen konstanten Betrag vom Mittelwert abzuziehen, da die Sensorkennlinie (Sensorsignal in Abhängigkeit von der Gaskonzentration) in der Regel nicht-linear ist.

Für den Fall, dass der ohmsche Widerstand der gassensitiven Schicht zur Bildung des aktuellen Sensorsignals verwendet wird, bedeutet dies, dass z.B. 10 ppm (parts per million) eines bestimmten Gases abhängig vom Grundwiderstand der gassensitiven Schicht unterschiedliche Widerstandsänderungen bewirken. So ist z.B. bei niedrigem Grundwiderstand die durch 10 ppm eines Gases bedingte relative Widerstandsänderung wesentlich kleiner als bei hohem Grundwiderstand. Diese Tatsache kann berücksichtigt werden, indem erfindungsgemäß die Sensorkennlinien verschiedener Zielgase in der Berechnung des Referenzwertes auf Grundlage des ermittelten Mittelwertes berücksichtigt werden.

10

Besonders kritisch ist der Einsatz des beschriebenen Sensorsystems, wenn das System in Betrieb genommen wird, während bereits eine erhebliche Gasbelastung vorliegt. Da das System nämlich keine Absolutkonzentrationen messen kann, sondern lediglich Änderungen (bezogen auf den Referenzwert) innerhalb des Beobachtungszeitraumes erfassen kann, würde das System keinen Hinweis (Schaltsignal, Alarm) auf die tatsächlich vorliegende Gasbelastung liefern.

15

Erfindungsgemäß wird diese Problemstellung dadurch gelöst, dass gemäß einer weiteren Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens die Temperatur der gassensitiven Schicht kurzzeitig erhöht wird. Die Temperaturerhöhung bewirkt zum einen eine Verschiebung des Reaktionsgleichgewichts innerhalb der gassensitiven Schicht, die sich in einer Veränderung des Sensorsignals zeigt, zum anderen wird der Sensor kurzzeitig auf einer anderen (temperaturabhängigen) Kennlinie betrieben. Die Erfassung und Auswertung der Sensorsignale vor, während und nach der kurzzeitigen Temperaturerhöhung ermöglicht Rückschlüsse auf eine eventuell vorliegende Gasbelastung.

20

25

Im folgenden wird eine erfindungsgemäße Atemschutzmaske erläutert.

30

Für die gastechische Verbindung von Sensor und Maskeninnenraum sind erfindungsgemäß verschiedene, alternativ verwendbare Lösungen vorgesehen:

1. Das Sensorsystem ist über ein in die Außenhaut der Maske integriertes Ansatzstück an der Maske gasdicht befestigt. Die Befestigung erfolgt erfindungsgemäß so, daß der Sensor gastechnisch mit dem Augenraum der Maske in Verbindung steht. Der Augenraum ist bedingt durch die ventilgesteuerte Luftführung in der Maske frei von der ausgeatmeten Atemluft des Maskenträgers und enthält nur den Teil der Luft der eingeatmet wird. Die Befestigung am Ansatzstück erfolgt zweckmäßig über ein gasdichtes Schraubgewinde oder einen gasdichten Bajonettverschluß, so daß das Sensorsystem zum Zwecke der Maskenreinigung oder bei Nichtgebrauch leicht und ohne Spezialwerkzeug entfernt werden kann. Bei Nichtgebrauch des Sensorsystems wird das Ansatzstück zu weiteren Verwendung der Atemschutzmaske mit einer Blindplatte gasdicht verschlossen.

2. In den meisten Fällen verfügen Atemschutzmasken über eine Sichtscheibe aus klarem durchsichtigem Kunststoff, die den größten Teil des Gesichtes überdeckt. In diesen Fällen kann ohne wesentliche Beeinträchtigung des Gesichtsfeldes am unteren Rand der Sichtscheibe diese so modifiziert werden, daß dort das Sensorsystem angebracht werden kann. Der Sensor ist dabei über eine nach außen gasdichte Öffnung mit dem Augenraum der Maske gastechnisch verbunden. Die Befestigung des Sensorsystems (Sensor + Elektronik) erfolgt dabei ebenfalls über gasdichte Schraubgewinde, gasdichten Bajonettverschluß oder andere, dem Fachmann bekannte, ohne Werkzeug leicht zu lösende, gasdichte Befestigungen. Die mit dem Sensorsystem verbundenen optischen Funktions- und Warneinrichtungen (z.B. LED) können, da sie sich direkt im Gesichtsfeld befinden, sicher wahrgenommen werden. Vorteilhaft ist bei dieser Variante, daß bei Umrüstung einer vorhandenen Schutzmaske lediglich die Sichtscheibe gewechselt werden muß.

3. In Fällen, in denen eine Anbringung an der Sichtscheibe oder am unteren Rand der Atemschutzmasken nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, kann das Sensorsystem auch abgesetzt von der Schutzmaske getragen werden z.B. an den Verschlußriemen der Atemschutzmaske am Hinterkopf oder am Gürtel des Geräteträgers. Die gastechnische Verbindung zwischen Augenraum und Sensor erfolgt dabei zweckmäßig z.B. über eine nach außen gasdichte flexible

Schlauchverbindung. Der Gastransport vom Augenraum zum Sensor kann über Diffusion erfolgen. Dies hat jedoch den Nachteil einer unter Umständen erheblichen zeitlichen Verzögerung zwischen Auftreten eines Schadstoffes im Augenraum und der Detektion durch das Sensorsystem. Es wird daher
5 erfindungsgemäß ergänzend vorgeschlagen, daß der Gastransport zwischen Augenraum und Sensor über einen elektrisch betriebenen kleinen Ventilator erfolgt oder mit Hilfe einer Membranpumpe, die über die bei der natürlichen Atmung auftretenden Druckdifferenzen angetriebene wird. Eine solche über Druckdifferenzen angetriebene Membranpumpe kann vom Fachmann leicht
10 angegeben werden. Die zum Sensor geförderte Luft wird entweder über ein Klappenventil an die Außenluft abgegeben oder über eine weitere Schlauchverbindung in den Augenraum zurückgeführt.

4. Alternativ kann das Sensorsystem auch in einem Adapter zwischen Filter und
15 Maske angebracht werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß das üblicherweise zwischen Filter und Maske innerhalb des Anschlußgewindes in der Maske befindliche Klappenventil filterseitig in den Adapter integriert wird. Dies ist zwingend erforderlich, da ansonsten keine Undichtigkeiten der Maske selbst erkannt werden können. Der Gastransport vom Augenraum zum Sensor über
20 Diffusion ist durch diese Maßnahme gewährleistet, ohne daß die sonstigen Funktionen der Maske beeinträchtigt sind.

Die Signalisierung von in die Maske, eindringenden Schadstoffen erfolgt erfindungsgemäß optisch, z.B. über Lichtquellen bevorzugt verschiedenfarbige
25 LED. Alternativ oder ergänzend kann ein Alarm auch akustisch z.B. mit Hilfe von Schallwandlern erfolgen. Für den Einsatz, in denen die akustische oder optische Wahrnehmungsfähigkeit des Geräteträgers eingeschränkt ist, wird die Verwendung von Reizströmen vorgeschlagen, die zwar medizinisch unbedenklich sind, dem Geräteträger aber dennoch einen Alarm zuverlässig signalisieren.

30 Da das Sensor-Mikrosystem u.a. einen integrierten Mikroprozessor und andere elektronische Komponenten enthält, ist es denkbar, daß das System durch starke elektromagnetische Strahlung oder andere Störeinflüsse derart beeinträchtigt wird, daß eine ordnungsgemäße Funktion nicht mehr sichergestellt ist.

Erfindungsgemäß werden daher die für die Funktion wesentlichen Parameter des Systems überwacht. Bei bestimmungsgemäßer Funktion wird dies durch eine sich ändernde optische Anzeige z.B. bevorzugt eine blinkende, farbige LED angezeigt. Die Ansteuerung der optischen Anzeige erfolgt dabei direkt vom integrierten Mikroprozessor. Dies hat den Vorteil, daß durch das Blinken der Anzeige auch der Prozessor selbst überwacht wird.

Es sind aber auch Situationen denkbar, in denen eine Alarmsignalisierung an den Geräteträger allein nicht ausreichend ist. Dies ist z.B. möglich bei plötzlich auftretenden hohen Schadstoffkonzentrationen in der Atemluft, die den Geräteträger handlungsunfähig machen. Diese Situation kann z.B. auftreten, wenn in einer Umgebung mit hoher Schadstoffkonzentration die Atemschutzmaske unbeabsichtigt vom Gesicht entfernt wird. Für diese Fälle wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, die Daten des Sensor-Mikrosystems (ordnungsgemäße Funktion, Gaskonzentration in der Atemluft, Alarmsignal) über eine drahtlose Datenfernverbindung, z.B. eine digital kodierte Funkverbindung an eine Zentrale zu übermitteln. Zur Fernüberwachung mehrerer Maskenträger mit Sensorsystem, können die Signale einzelner Systeme zur Unterscheidung ebenfalls unterschiedlich digital kodiert sein.

Häufig ist es erforderlich, eventuell aufgetretene Schadstoffbelastungen des Geräteträgers im nachhinein zu rekonstruieren z.B. nach Arbeitsunfällen. Für diese oder ähnliche Fälle wird erfindungsgemäß vorgeschlagen die relevanten Sensordaten (z.B. ordnungsgemäße Funktion, Gaskonzentration in der Atemluft, Alarmsignal) während der Betriebszeit des Sensorsystems in einem Digitalspeicher zu speichern (vergleichbar mit der Black-Box bei Verkehrsflugzeugen). Im Bedarfsfall können diese dann nachträglich ausgewertet werden.

Für eine weitere Ausführungsvariante der Atemschutzmaske mit Sensor-Mikrosystem ist erfindungsgemäß vorgesehen, bei Vorliegen hoher Schadstoffkonzentrationen in der Atemluft des Geräteträgers, auf einen zweiten Filter umzuschalten. Dies ist jedoch nur sinnvoll, wenn die erhöhte Schadstoffkonzentration durch ein erschöpftes Filter bedingt ist. Für zusätzliche Sicherheit auch in Fällen, in denen eine plötzliche Undichtigkeit der Maske auftritt ist

erfindungsgemäß vorgesehen bei Vorliegen erhöhter Schadstoffkonzentrationen automatisch ein Ventil zu öffnen, das die Innenmaske mit Luft oder reinem Sauerstoff belüftet. Der erhöhte Druck treibt dabei die belastete Luft nach außen und ermöglicht dem Geräteträger, den belasteten Bereich zu verlassen oder
5 andere Schutzmaßnahmen vorzunehmen. Die Luft oder der reine Sauerstoff stammt aus einem geeigneten Druckbehälter, der außen an der Maske angebracht ist.

Als sicherheitserhöhendes Merkmal ist ergänzend vorgesehen, die Maske mit
10 einem zusätzlichen Sensor auszustatten, der die Luftqualität auch außerhalb der Maske überwacht. Bei Vorliegen vorgegebener Schadstoffkonzentrationen in der Außenluft kann so ein sogenannter Vor-Alarm signalisiert werden, der den Maskenträger zu erhöhter Aufmerksamkeit und Vorsicht auffordert.

15 Das zur Detektion von in die Maske eindringenden Schadstoffen bevorzugt zu verwendende Sensorsystem ist ein Mikrosystem, bestehend aus den Komponenten Metalloxid-Sensor, Elektronik und Mikroprozessor mit integrierter Software zur Steuerung und Auswertung des Sensorelementes.

20 Ein erfindungsgemäße Atemschutzmaske kann besonders vorteilhaft mit einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung zur Detektion von in Luft enthaltenen Gasen oder Dämpfen ausgestattet und besonders vorteilhaft mit einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Detektion von in Luft enthaltenen Gasen oder Dämpfen betrieben werden.

25

Kurzbeschreibung der Zeichnung, in der zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Sensorelementes mit einer typischen bekannten Schaltung, welche in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eingesetzt wird,

30 Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zeitlichen Abfolge einer Anzahl von Heizimpulsen und stromlosen Zeitintervallen zur Temperaturregelung,

Fig. 3 eine detaillierte Darstellung des Sensorelementes (links) sowie einen typischen Verlauf der Temperatur in einer Richtung senkrecht zur

Ebene des Sensorelementes (rechts),

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Anordnung eines Sensorelementes in einem Gehäuse,

Fig. 5 ein Beispiel für den zeitlichen Verlauf von Sensorsignal und Heizleistung bei eines dem Stand der Technik entsprechenden Verfahrens zum Betreiben eines Sensorelementes,

Fig. 6 ein Beispiel für den zeitlichen Verlauf von Sensorsignal und Heizleistung bei einer Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines Sensorelementes,

Fig. 7 ein Beispiel für den zeitlichen Verlauf von Sensorsignal und Heizleistung bei einer anderen Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines Sensorelementes,

Fig. 8 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Atemschutzmaske,

Fig. 9 eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Atemschutzmaske,

Fig. 10 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Atemschutzmaske,

Fig. 11 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Atemschutzmaske, und

Fig. 12 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Atemschutzmaske.

Figur 1 zeigt schematisch ein Sensorelement 11 mit einer typischen bekannten Schaltung, welche in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eingesetzt wird. Das Sensorelement 11 weist ein Sensorsubstrat 31, eine gassensitive Schicht 33 und eine zwischen diesen angeordnete Heizstruktur 32 auf (Fig. 3).

Die Heizstruktur 32 wird elektrisch über einen Aussenwiderstand 12 (Fig. 1) angesteuert, welcher so dimensioniert ist, dass der Stromfluss das Sensorelement 11 keinesfalls auf die Soll-Temperatur aufheizen wird. Vielmehr wird periodisch von einem zentralen Steuer- und Regelgerät 13, vorteilhaft als Mikrocontroller (μC) ausgebildet, über eine Steuerleitung 14 ein Impuls auf einen Schaltbaustein 15 gegeben, welcher einen energiereichen Schaltimpuls an die Heizstruktur 32 abgibt. Außenwiderstand 12 und Heizstruktur 32 bilden einen Spannungsteiler.

Nach Abschalten dieses Impulses wird diejenige Spannung über einen ersten A/D-Wandler 16 gemessen, die am Spannungsteiler zwischen Heizstruktur 32 und Außenwiderstand 12 abgegriffen wird.

5 Ist die Spannung zu hoch (Heizstruktur 32 ist zu hochohmig, also ist die Sensortemperatur zu hoch), wird bei den nächsten Perioden der Heizimpuls oder die Anzahl der Heizimpulse verkürzt. Sollte die Spannung hingegen zu klein sein (Heizstruktur 32 ist zu niederohmig, also ist die Sensortemperatur zu niedrig),
10 wird bei den nächsten Perioden der Heizimpuls oder die Anzahl der Heizimpulse verlängert.

Die Impedanz der gassensitiven Schicht 33 des Sensorelementes 11 wird mit dem zentralen Steuer- und Regelgerät 13, geeigneter Software und einem zweiten A/D-Wandler 18, der an die gassensitive Schicht 33 angeschlossen ist, gemessen
15 und steht damit als Signal zur Auswertung zur Verfügung. Im einfachsten Fall wird hierbei lediglich der ohmsche Widerstand gemessen.

Figur 2 zeigt zur Erläuterung der Systematik der Temperaturregelung die zeitliche Abfolge einer Anzahl von Heizimpulsen 21 und stromlosen Zeitinter-
20 vallen 22. Wenn die Temperatur dem Soll entspricht, besteht ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Anzahl der Heizimpulse 21 und den stromlosen Zeitintervallen 22 (Fig. 2 oben). Wenn das Sensorelement 11 z.B. zu kalt ist, wird die Anzahl der Heizimpulse 21 vergrößert, und die stromlosen Zeitintervalle 22 werden relativ verkürzt (Fig. 2 unten).

25 Figur 3 zeigt eine detaillierte Darstellung des Sensorelementes 11 (links) sowie einen typischen Verlauf der Temperatur in einer Richtung (in Fig. 3 x-Richtung bezeichnet) senkrecht zur Ebene des Sensorelementes 11 (rechts) und macht die grundsätzliche Schwierigkeit der Temperaturregelung deutlich. Die Heizstruktur
30 32 befindet sich zwischen der gassensitiven Schicht 33 und einem Sensorsubstrat 31. Selbst wenn die Temperatur der Heizstruktur 32 völlig konstant wäre, kann damit trotzdem keine unter allen Umständen konstante Temperatur der gassensitiven Schicht 33 erreicht werden, weil der Temperaturgradient zwischen

dieser und der umgebenden Luft sehr groß ist und durch die vom Sensorelement 11 durch Strahlung und konvektiv abgegebenen Wärme beeinflusst wird.

Wenn die Temperatur der Heizstruktur 32 auf z.B. 350°C eingeregelt ist, kann die Temperatur der Umgebungsluft in der Praxis zwischen -40° C und + 80°C schwanken. Aufgrund des Temperaturgradienten zwischen Umgebung und Sensorelement 11 ist an der Oberfläche der gassensitiven Schicht 33 eine vom Heizer abweichende Temperatur feststellbar, welche typisch kleiner als der Sollwert ist.

Die vom Sensorelement 11 an die Umgebung abgegebene Wärmeenergie ist zum einen eine Funktion des Temperaturgradienten, andererseits eine Funktion der Strömungsgeschwindigkeit der Luft relativ zum Sensorelement 11.

Selbst bei nur geringsten Luftbewegungen in der Nähe des Sensorelementes 11 ändern sich die Temperaturgradienten zwischen

- der auf konstanter Temperatur gehaltenen Heizstruktur 32,
- der gassensitiven Schicht 33 und der
- Temperatur der Umgebungsluft.

Daher wird man trotz aufwendiger elektronischer Regelungen in der Praxis immer erhebliche Schwankungen des Sensorwiderstandes in Normalluft feststellen, was in der Vergangenheit den Einsatz von Halbleitersensoren erheblich eingeschränkt hat, da der Grundwiderstand der gassensitiven Schicht 33 mit der Temperatur massiv schwankt.

Figur 4 zeigt eine erfindungsgemäße Sensorvorrichtung. Ein Sensorelement 11 ist in einem Gehäuse 40 angeordnet, welches lufttechnisch verschlossen ist und Luftbewegungen außerhalb des Gehäuses 40 keinen Zutritt zum beheizten Sensorelement 11 gestattet. Das Gehäuse 40 ist bevorzugt so ausgebildet, daß sein Innenraum thermisch gegen die Umgebung isoliert ist.

In dem Gehäuse 40 bildet sich nach einiger Zeit ein thermisches Gleichgewicht zwischen der Heizstruktur 32, dem Sensorsubstrat 31 als Wärmespeicher und der

gassensitiven Schicht 33 aus, weil auch die Luft in deren Umgebung auf ein höheres Niveau aufgeheizt und der Temperaturgradient zwischen Luft und Sensorelement 11 damit verkleinert wird. Die durch den Temperaturgradienten zwischen Luft und Sensorelement 11 verursachten unerwünschten Schwankungen des Sensorwiderstandes werden auf diese Weise erfindungsgemäß
5 wesentlich reduziert.

Das Gehäuse 40 weist erfindungsgemäß eine semipermeable Diffusionsschicht 47 auf, welche für Luftströmungen praktisch undurchlässig ist, jedoch von
10 diffundierenden Luft- und Gasteilchen durchdrungen werden kann. Die Diffusionsschicht 47 besteht z.B. aus feinstkapilarem Kunststoff (Teflon, gereckte Folien etc.) oder z.B. aus einem Sinterkörper der aus Metall, Kunststoff, Glas oder Keramik. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bildet die Diffusionsschicht die Deckfläche des Gehäuses 40.

15 Erfindungsgemäß diffundieren aufgrund der unterschiedlichen Partialdrücke innerhalb und außerhalb des Gehäuses 40 Gase durch die Diffusionsschicht 47 in das Gehäuse 40 hinein oder aus ihm hinaus, wobei jedoch eine Luftzirkulation durch die Diffusionsschicht 47 hindurch praktisch unterbunden ist.

20 Aufgrund von Luftbewegungen durch die semipermeable Diffusionsschicht 47 hindurch induzierte Wärmeströme sind ausgeschlossen oder zumindestens sehr stark eingeschränkt.

25 Die Anschlußdrähte 44 des Sensorelementes 11 sind vorzugsweise gasdicht z.B. durch den Gehäuseboden 45 geführt. Bevorzugt erfolgt dies, indem die Anschlußdrähte 44 in eine den Gehäuseboden 45 bedeckende Glasschicht 49 eingeschmolzen sind.

30 In einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung sind der Gehäusemantel 48, der Gehäuseboden 45 sowie die Diffusionsschicht 47 und damit das Gehäuse 40 wärmedämmend und/oder thermisch isolierend ausgebildet.

Hierdurch wird in Kombination mit einer sehr exakten Heizungs-Regelung erreicht, daß sich in einem sehr weiten Temperaturbereich keinerlei Auswirkungen der Umgebungstemperatur auf den Sensorwiderstand in Normalluft mehr zeigen.

5

Ein weiterer Vorteil ist, daß sich der Energiebedarf des Sensorelementes 11 durch die erfindungsgemäße wärmedämmende und/oder thermisch isolierte Ausbildung des Gehäuses 40 und der Diffusionsschicht 47 erheblich verringern läßt, was beim Betrieb mit Batterien sehr wichtig und vorteilhaft ist.

10

Wie oben bei der Erläuterung des Standes der Technik bereits erwähnt, ist es bekannt, die Differenz zwischen aktuellem Signal und Mittelwert auszuwerten. Treten plötzlich Ereignisse auf, auf die der Sensor anspricht, lassen sich diese mit dieser Methode sehr gut detektieren. Langsame und/oder nur kleine Änderungen des Sensorwiderstandes führen dagegen zu keinen Auswertungen bzw. Schaltsignalen.

15

Figur 5 verdeutlicht dieses bekannte Verfahren. Das aktuelle Sensorsignal 51 wird über eine bestimmte Zeit gemittelt und mit einem konstanten Wert addiert, so daß sich ein im Mittel geringfügig oberhalb des Sensorsignals liegendes gemittelt Signal ergibt, das als Referenzsignal 52 herangezogen wird. Treten Ereignisse 53, 54 auf, die den Wert des aktuellen Sensorsignals auf Werte oberhalb des Referenzsignals 52 verändern, wird ein Schaltsignal ausgelöst.

20

25

Langsame Änderungen des aktuellen Sensorsignals werden ignoriert. Hingegen wird beim Auftreten von plötzlichen Konzentrationserhöhungen oxidierbarer Gase in der Umgebungsluft zuverlässig ein Schaltsignal generiert.

30

In vielen Fällen ist es aber sehr wichtig, daß auch ein langsamer Anstieg von Gaskonzentrationen sicher detektiert wird, z.B. wenn sich die Konzentration toxischer Gase sehr langsam erhöht, was auf jeden Fall detektiert werden muß. Das unter Bezug auf Fig. 5 erläuterte Verfahren kann daher nicht ohne weiteres angewandt werden.

In einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung wird die Heizleistung durch eine zusätzliche Größe (zur Temperatur) beeinflusst. Regelungstechnisch gesehen wird dadurch eine Störgrößen-Aufschaltung vorgenommen.

5 Dieser erfindungsgemäßen Idee liegt die Beobachtung zugrunde, daß Änderungen der elektrischen Parameter der gassensitiven Sicht 33 des Sensorelementes 11 (Widerstand, Kapazität, Induktivität) sowohl vom Angebot oxidierbarer oder reduzierbarer Gase stammen als auch das Ergebnis von Schwankungen der Luftfeuchte oder der Temperatur sein können.

10

Im Nachfolgenden sei der Einfachheit halber nur die Detektion oxidierbarer Gase beschrieben. Reduzierbare Gase verhalten sich prinzipiell invers, erhöhen also z.B. den Sensorwiderstand, wogegen oxidierbare Gase diesen verkleinern. Die Erfindung sinngemäß, wenn auch invers, auch für reduzierbare Gase anwendbar.

15

Figur 6 dient zur Erläuterung des Wirkungszusammenhanges. Zu Beginn gibt der Sensor in Normalluft bei einer Heizleistung von 6b ein aktuelles Sensorsignal ab, in Fig. 6 gekennzeichnet durch 6a. Anschließend wird der Sensor mit einem Gasimpuls, dessen Zeitdauer in Fig. 6 unten gekennzeichnet ist, beaufschlagt.

20

Der Kurvenabschnitt 68 in Fig. 6 zeigt den Verlauf des aktuellen Sensorsignals bei unbeeinflusster Heizleistung. Bei unbeeinflusster Heizleistung kommt das aktuelle Sensorsignal nach Ende des Gasimpulses erst nach längerer Zeit auf den Ausgangswert zurück. Der auf des Ende des Gasimpulses folgende Abschnitt der Kurve 68 zeigt diese Reaktion des aktuellen Sensorsignals auf den Gasimpuls bei konstanter Heizleistung, die in Fig. 6 durch die Linie 62 dargestellt ist

25

30

Eine Heizleistung mit Störgrößen-Aufschaltung, in Fig. 6 dargestellt durch die Kurve 63, führt hingegen zu einem durch die Heizleistung beeinflussten aktuellen Sensorsignal, das in Fig. 6 dem Kurvenabschnitt 64 folgt.

Wird die Heizleistung immer dann z.B. proportional im Sinne einer Temperaturerhöhung nachgeführt (Kurve 63), wenn das aktuelle Sensorsignal eine Änderung durchläuft, kommt das aktuelle Sensorsignal signifikant schneller

auf den Ausgangswert zurück. Der auf des Ende des Gasimpulses folgende Abschnitt der Kurve 64 zeigt diese Reaktion des aktuellen Sensorsignals auf den Gasimpuls bei nachgeführter Heizleistung, die in Kurve 63 dargestellt ist

5 Wesentlich ist, daß im Falle einer tatsächlich am Sensor anstehenden Gaskonzentration die Reaktionen der gassensitiven Schicht 33 mit dem Gas auf jeden Fall stattfinden. Die Temperaturempfindlichkeit des Sensorsignals wird durch die Einwirkung des Gases verringert. Die durch die Temperaturnachführung bewirkte Änderung des Sensorsignals ist daher während des
10 Gasimpulses geringer als vor oder nach dem Gasimpuls. Mit anderen Worten: das Sensorsignal reagiert während des Gasimpulses nur relativ schwach auf eine Änderung der Heizleistung und damit auf die Störgrößenaufschaltung. Die gasinduzierte Verminderung des aktuellen Sensorsignals nimmt daher bei Nachführung der Heizleistung annähernd den gleichen Verlauf wie bei einer
15 ansonsten identischen Versuchsanordnung ohne Temperaturnachführung. D.h., die nach Beginn des Gasimpulses jeweils abfallenden Äste der Kurven 64 und 68 in Fig. 6 verlaufen annähernd deckungsgleich.

Wird die Reaktion des aktuellen Sensorsignals jedoch von z.B. einer Änderung
20 der Luftfeuchte oder einer Änderung der Lufttemperatur verursacht, so ändert sich die Temperaturempfindlichkeit des Sensorsignals nicht oder nur wenig. Eine Änderung der Luftfeuchte oder einer Änderung der Lufttemperatur haben daher bei unbeeinflusster Heizleistung erheblichen und anhaltenden Einfluß auf das aktuelle Sensorsignal (Kurvenabschnitt 65 in Fig. 6).

25 Wenn jedoch bereits bei Beginn einer solchen Einwirkung die Heizleistung nachgeführt wurde, ist die durch die Temperaturnachführung bewirkte Beeinflussung des Sensorsignals deutlich größer als im Falle eines Gasimpulses. Mit anderen Worten: das Sensorsignal reagiert stark auf eine Änderung der
30 Heizleistung und damit auf die Störgrößenaufschaltung. Daher ist die aufgrund einer Änderung der Luftfeuchte oder einer Änderung der Lufttemperatur verursachte Veränderung des Sensorwertes nicht nur viel geringer, sondern auch zeitlich deutlich kürzer (Kurvenabschnitt 66 in Fig. 6) als im Fall einer

unbeeinflussten Heizleistung (Kurvenabschnitt 65 in Fig 6), und bereits die abfallenden Äste der Kurven 65 und 66 in Fig. 6 verlaufen nicht deckungsgleich.

Durch eine erfindungsgemäßes Verfahren kann somit anhand des zeitlichen Verhaltens des Sensorsignals zwischen einem Gasimpuls und einem Feuchteimpuls unterschieden werden. Die Reaktion des Sensorsignals auf den Feuchteimpuls wird erfindungsgemäß zu einem erheblichen Teil durch die Heizungs nachführung kompensiert.

Erfindungsgemäß ist daher die Heizungsregelung des Sensors so ausgelegt, daß die Führungsgröße des Heizungsreglers die Temperatur ist, und daß eine Störgröße auf die Regelung aufgeschaltet wird, die sich aus der Abweichung des aktuellen Sensorsignals von einem Normalwert bei Normalluft ableitet.

Wie unter Bezug auf Fig. 1 und 2 erläutert wurde, können sowohl die Signalverarbeitung als auch die Heizungsregelung vorteilhaft durch einen einzigen Singlecircuit-Controller (μ C) gesteuert werden.

Das vorteilhafte Ergebnis einer Kombination aus

a. einer Anordnung des Sensorelementes 11 in einem thermisch isolierten bzw. wärmedämmenden Gehäuse 40 mit thermisch isolierender bzw. wärmedämmender Diffusionsschicht 47, durch die ein Gaszutritt zum Sensorelement 11 ohne Luftbewegung durch Diffusion erfolgen kann,

b. einem diffusionsbedingten Gaszutritt zum Sensor ohne Luftbewegung,

c. einer Heizung des Sensorelementes 11 durch Regelung der Temperatur, wobei dem Regelkreis als Störgröße die relative Abweichung des aktuellen Sensorwiderstandes vom Widerstand des Sensorelementes 11 unter Normalbedingungen aufgeschaltet wird,

besteht darin, daß das Sensorsignal schnell und fast ausschließlich dem faktischen Gehalt an oxidierbaren Luftinhaltsstoffen folgt und weitaus weniger Drifterscheinungen als bisher bekannt aufweist.

Wird eine Auswertung vorgenommen, die den aktuellen Sensorwert mit einem über die Zeit ermittelten Durchschnittswert vergleicht, kann dann von deutlich

geringeren Schwankungen des Sensorsignals unter Normalbedingungen ausgegangen werden, insbesondere dann, wenn das System nach einiger Zeit stabil geworden ist.

5 In einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist daher die Zeitspanne, über die der Mittelwert der aktuellen Sensorsignale gebildet wird, um als Vergleichswert zum aktuellen Sensorwert zu dienen, nicht konstant, sondern nimmt im Laufe der Betriebszeit des Systems immer weiter zu.

10 Der erste Vergleichswert wird aus dem Mittelwert über einen relativ kurzen Zeitraum gewonnen, weil das System unmittelbar nach dem Einschalten zwangsläufig hohen eigendynamischen Schwankungen unterliegt. Nach der Einschaltphase wird diese Zeitspanne erhöht und diese erreicht schließlich im
15 eingeschwungenen Zustand eine wesentlich längere Integrationszeit. Da der Mittelwert prinzipiell genau mit dem aktuellen Sensorsignal zusammenfallen kann, wird vom errechneten Durchschnittswert ein bestimmter Betrag abgezogen, um den sogenannten Referenzwert zu bilden.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist der in Abzug zu bringende Betrag
20 in der Anfangsphase sehr groß, so daß der Referenzwert einen großen Abstand zum Sensorwert hat. Dies ist wichtig, um zu verhindern, daß im nichteingeschwungenen Zustand Signale ausgelöst werden, obwohl keine signifikante Gaskonzentrationsänderung auftritt. Im weiteren zeitlichen Verlauf wird der Betrag sukzessive verkleinert, so daß im eingeschwungenen Zustand sich der
25 Referenzwert immer mehr dem Sensorwert annähert.

Es können weitere Verfeinerungen eingeführt werden. In einer weiteren Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Referenzwert
30 nach heftigen gasinduzierten Sensorreaktionen wieder auf einen größeren Abstand zum Sensorwert gebracht, weil erfahrungsgemäß heftige Reaktionen des Sensors zu zeitweilig instabilen Sensorverhältnissen führen.

In einer weiteren Ausführungsvariante wird die Berechnung des Durchschnittswertes wieder über kürzere Zeiträume vorgenommenen, wenn eine

gasinduzierte starke Sensorsignaländerung eingetreten ist. In einer weiteren Ausführungsform wird die Berechnung des Durchschnittswertes für denjenigen Zeitraum ausgesetzt, in dem eine gasinduzierte Sensorsignaländerung auftritt.

5 Trotz der geschilderten Maßnahmen könnte der tatsächliche Gaspegel derartig langsam ansteigen, daß der Mittelwert diesem Anstieg im wesentlichen folgt. In diesem Fall könnten sich langsam erhebliche Gaskonzentrationen ausbilden, ohne daß die vorstehend beschriebene Auslösebedingung erfüllt wäre, gemäß der das aktuelle Sensorsignal einen kleineren Wert annimmt als der rechnerisch
10 ermittelte Referenzwert.

In einer weiteren Ausführungsvariante wird daher für den Referenzwert zusätzlich ein Minimalwert festgelegt, wobei der tatsächliche Referenzwert niemals kleiner werden kann als dieser festgelegte Minimalwert. Der
15 Minimalwert ist so gewählt, daß durch sensorbedingte Schwankungen diese Grenze nicht erreicht wird, andererseits die Gaskonzentration, die diesem Sensorsignal zugeordnet werden können, noch keine dauerhaften Schäden auf den Menschen haben, bzw. im Falle einer z.B. Überwachung von Explosionsgrenzen (z.B. Methan-Luft-Gemisch) sich in weitem Sicherheits-
20 abstand zur Explosionsgrenze befindet.

Kommt es (z.B. bei der Anbringung des Sensors an geeigneter Stelle in oder an Atemschutzmasken zum Zwecke der Filter- oder Dichtheitsüberwachung), zu sprunghaften Änderungen der Feuchte oder Temperatur, wird bei Einsatz eines
25 erfindungsgemäßen Verfahrens die Auswirkung dieser Einflüsse auf den Sensorwiderstand absolut kleiner und nur vorübergehend sein.

Trotzdem kann es zu einer irrtümlichen Signalauslösung kommen, die dann ein unerwünschter Fehlalarm wäre.

30

In einer weiteren Ausführungsvariante wird daher eine zeitlich versetzte Auswertung vorgenommen, die unter Bezug auf Figur 7 erläutert wird.

Unter dem Sensor-Normpegel 71 liegt ein Referenzwert 77. Wenn ein Gasimpuls das aktuelle Sensorsignal um einen bestimmten Betrag verringert (mit 72 gekennzeichnete Kurvenabschnitt), wird der Referenzwert unterschritten und damit das Schaltkriterium erfüllt. Damit wird eine Art „stiller Voralarm“, jedoch
5 erfindungsgemäß noch nicht das Schaltsignal ausgelöst. Erst, wenn das Schaltkriterium für eine gewisse Zeitspanne, in Fig. 7 gekennzeichnet durch die Zeitdauer 73, erfüllt bleibt, wird ein Schaltsignal ausgelöst, das während der restlichen Zeitspanne (in Fig. 7 gekennzeichnet durch die Zeitdauer 74), in der das aktuelle Sensorsignal niedriger bleibt als der Referenzwert, aufrecht erhalten
10 bleibt.

Kommt es dagegen zu einem sehr kurzfristigen und daher praktisch zu vernachlässigenden Gasimpuls oder kommt es zu einem erfindungsgemäß zu kompensierenden Feuchteimpuls, der etwa eine Reaktion des aktuellen
15 Sensorsignals auslöst, wie sie in Fig. 7 mit 75 gekennzeichnet ist, wird erfindungsgemäß kein Schaltsignal ausgelöst.

In einer weiteren Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Zeitdauer 73 von Fig. 7 des Voralarms nicht fest definiert, sondern eine
20 Funktion der Schnelle der Sensorsignal-Änderung oder eine Funktion des absoluten Änderungsbetrages über die Zeit.

Wenn also innerhalb einer festgelegten Zeitspanne eine sehr große Sensorsignaländerung eingetreten ist, kann die Zeitspanne des Voralarms
25 verkürzt werden. Dies ist vorteilhaft, um bei tatsächlich plötzlich auftretenden großen Gaskonzentrationen die Zeit bis zur Alarmauslösung so kurz wie möglich halten zu können.

Ein ähnliches Ergebnis kann erreicht werden, wenn das Sensorsignal über zwei
30 unterschiedliche Zeitdauern, z.B. sowohl über einen Zeitraum von 20 s als auch über einen Zeitraum von 300 s, gemittelt wird. Von dem über die längere Zeitdauer gebildeten Mittelwert wird, wie vorerwähnt, ein bestimmter Betrag von z.B. 2% des Normalwertes o.ä. abgezogen. Die so ermittelten Werte werden miteinander verglichen.

Wenn der über die kürzere Zeitdauer gebildete Mittelwert kleiner wird als der sich durch Mittelung über die längere Zeitdauer und Abzug eines bestimmten Betrages (z.B. 2 %) ergebende Wert, wird ein Schaltsignal ausgelöst.

5 Mathematisch läßt sich dies z.B. für den Fall, daß die längere Zeitdauer 10mal so lang ist wie die kürzere, durch Bildung folgender Differenz ausdrücken:

$$10 \quad \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{n} - 0,98^* \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_{(10*n)}}{10*n} = Y$$

Das Schaltkriterium ist erreicht, wenn der Wert Y negativ wird.

15 Häufig ist es aber nicht sinnvoll, zur Bildung eines Referenzwertes lediglich einen konstanten Betrag vom Mittelwert abzuziehen, da die Sensorkennlinie (Sensor signal in Abhängigkeit von der Gaskonzentration) in der Regel nicht-linear ist.

20 Für den Fall, dass der ohmsche Widerstand der gassensitiven Schicht 33 zur Bildung des aktuellen Sensorsignals verwendet wird, bedeutet dies, dass z.B. 10 ppm (parts per million) eines bestimmten Gases abhängig vom Grundwiderstand der gassensitiven Schicht unterschiedliche Widerstandsänderungen bewirken. So ist z.B. bei niedrigem Grundwiderstand die durch 10 ppm eines Gases bedingte relative Widerstandsänderung wesentlich kleiner als bei hohem

25 Grundwiderstand. Diese Tatsache kann berücksichtigt werden, indem erfindungsgemäß die Sensorkennlinien verschiedener Zielgase in der Berechnung des Referenzwertes auf Grundlage des ermittelten Mittelwertes berücksichtigt werden.

30 Besonders kritisch ist der Einsatz des beschriebenen Sensorsystems, wenn das System in Betrieb genommen wird, während bereits eine erhebliche Gasbelastung vorliegt. Da das System nämlich keine Absolutkonzentrationen messen kann, sondern lediglich Änderungen (bezogen auf den Referenzwert) innerhalb des Beobachtungszeitraumes erfassen kann, würde das System keinen Hinweis

35 (Schaltsignal, Alarm) auf die tatsächlich vorliegende Gasbelastung liefern.

Erfindungsgemäß wird diese Problemstellung dadurch gelöst, dass die Temperatur der gassensitiven Schicht kurzzeitig erhöht wird. Die Temperaturerhöhung bewirkt zum einen eine Verschiebung des Reaktionsgleichgewichts innerhalb der gassensitiven Schicht, die sich in einer Veränderung des Sensorsignals zeigt, zum anderen wird der Sensor kurzzeitig auf einer anderen (temperaturabhängigen) Kennlinie betrieben. Die Erfassung und Auswertung der Sensorsignale vor, während und nach der kurzzeitigen Temperaturerhöhung ermöglicht Rückschlüsse auf eine eventuell vorliegende Gasbelastung.

Im folgenden werden anhand der Fig. 8 bis 12 verschiedene Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Atemschutzmaske erläutert.

Für die gastechnische Verbindung von Sensor und Maskeninnenraum sind erfindungsgemäß verschiedene, alternativ verwendbare Lösungen vorgesehen.

1. Wie in Fig. 8a und 8b dargestellt, wird das Sensorsystem 81 über ein in die Außenhaut 82 der Maske integriertes Ansatzstück 80 an der Maske gasdicht befestigt. Die Befestigung erfolgt erfindungsgemäß so, daß der Sensor 83 gastechnisch mit dem Augenraum 84 der Maske in Verbindung steht. Der Augenraum 84 ist bedingt durch die ventilgesteuerte Luftführung 85, 86 in der Maske frei von der ausgeatmeten Atemluft des Maskenträgers und enthält nur den Teil der Luft der eingeatmet wird. Die Befestigung am Ansatzstück 80 erfolgt zweckmäßig über ein gasdichtes Schraubgewinde oder einen gasdichten Bajonettverschluß 87, so daß das Sensorsystem 81 zum Zwecke der Maskenreinigung oder bei Nichtgebrauch leicht und ohne Spezialwerkzeug entfernt werden kann. Bei Nichtgebrauch des Sensorsystems wird das Ansatzstück zu weiteren Verwendung der Atemschutzmaske mit einer Blindplatte gasdicht verschlossen.

2. In den meisten Fällen verfügen Atemschutzmasken über eine Sichtscheibe 91 (Fig. 9) aus klarem durchsichtigem Kunststoff, die den größten Teil des Gesichtes überdeckt. In diesen Fällen kann ohne wesentliche Beeinträchtigung des

Gesichtsfeldes am unteren Rand der Sichtscheibe diese so modifiziert werden, daß dort das Sensorsystem 81 angebracht werden kann. Der Sensor 83 ist dabei über eine nach außen gasdichte Öffnung mit dem Augenraum 84 der Maske gastechnisch verbunden. Die Befestigung des Sensorsystems (Sensor +
5 Elektronik) erfolgt dabei ebenfalls über gasdichte Schraubgewinde 95, gasdichten Bajonettverschluß oder andere, dem Fachmann bekannte, ohne Werkzeug leicht zu lösende, gasdichte Befestigungen.

Die mit dem Sensorsystem 81 verbundenen optischen Funktions- und
10 Warneinrichtungen (z.B. LED) 96 können, da sie sich direkt im Gesichtsfeld befinden, sicher wahrgenommen werden. Vorteilhaft ist bei dieser Variante, daß bei Umrüstung einer vorhandenen Schutzmaske lediglich die Sichtscheibe gewechselt werden muß.

15 3 In Fällen, in denen eine Anbringung an der Sichtscheibe oder am unteren Rand der Atemschutzmasken nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, kann wie in Fig. 10 angegeben, das Sensorsystem 81 auch abgesetzt von der Schutzmaske getragen werden, z.B. an den Verschlußriemen der Atemschutzmaske am Hinterkopf oder am Gürtel des Geräteträgers. Die gastechnische Verbindung zwischen
20 Augenraum 84 und Sensor 83 erfolgt dabei zweckmäßig z.B. über eine nach außen gasdichte flexible Schlauchverbindung 102. Der Gastransport vom Augenraum zum Sensor kann über Diffusion erfolgen. Dies hat jedoch den Nachteil einer unter Umständen erheblichen zeitlichen Verzögerung zwischen Auftreten eines Schadstoffes im Augenraum und der Detektion durch das
25 Sensorsystem. Es wird daher erfindungsgemäß ergänzend vorgeschlagen, daß der Gastransport zwischen Augenraum und Sensor über einen elektrisch betriebenen kleinen Ventilator 103 erfolgt oder mit Hilfe einer Membranpumpe, die über die bei der natürlichen Atmung auftretenden Druckdifferenzen angetriebene wird. Eine solche über Druckdifferenzen angetriebene Membranpumpe kann vom
30 Fachmann leicht angegeben werden. Die zum Sensor geförderte Luft wird entweder über ein Klappenventil 106 an die Außenluft abgegeben oder über eine weitere Schlauchverbindung in den Augenraum zurückgeführt.

4. Alternativ kann das Sensorsystem auch in einem Adapter 112 zwischen Filter 113 und Maske angebracht werden (Fig. 11), hierbei ist jedoch zu beachten, daß das üblicherweise zwischen Filter und Maske innerhalb des Anschlußgewindes in der Maske befindliche Klappenventil filterseitig in den Adapter 112 integriert wird. Dies ist zwingend erforderlich, da ansonsten keine Undichtigkeiten der Maske selbst erkannt werden können. Der Gastransport vom Augenraum 84 zum Sensor 83 über Diffusion ist durch diese Maßnahme gewährleistet, ohne daß die sonstigen Funktionen der Maske beeinträchtigt sind.

10 Die Signalisierung von in die Maske, eindringenden Schadstoffen erfolgt erfindungsgemäß optisch, z.B. über Lichtquellen bevorzugt verschiedenfarbige LED. Alternativ oder ergänzend kann ein Alarm auch akustisch z.B. mit Hilfe von Schallwandlern erfolgen. Für den Einsatz, in denen die akustische oder optische Wahrnehmungsfähigkeit des Geräteträgers eingeschränkt ist, wird die Verwendung von Reizströmen vorgeschlagen, die zwar medizinisch unbedenklich sind, dem Geräteträger aber dennoch einen Alarm zuverlässig signalisieren.

Da das Sensor-Mikrosystem u.a. einen integrierten Mikroprozessor und andere elektronische Komponenten enthält, ist es denkbar, daß das System durch starke elektromagnetische Strahlung oder andere Störeinflüsse derart beeinträchtigt wird, daß eine ordnungsgemäße Funktion nicht mehr sichergestellt ist. Erfindungsgemäß werden daher die für die Funktion wesentlichen Parameter des Systems überwacht. Bei bestimmungsgemäßer Funktion wird dies durch eine sich ändernde optische Anzeige z.B. bevorzugt eine blinkende, farbige LED angezeigt. Die Ansteuerung der optischen Anzeige erfolgt dabei direkt vom integrierten Mikroprozessor. Dies hat den Vorteil, daß durch das Blinken der Anzeige auch der Prozessor selbst überwacht wird.

Es sind aber auch Situationen denkbar, in denen eine Alarmsignalisierung an den Geräteträger allein nicht ausreichend ist. Dies ist z.B. möglich bei plötzlich auftretenden hohen Schadstoffkonzentrationen in der Atemluft, die den Geräteträger handlungsunfähig machen. Diese Situation kann z.B. auftreten, wenn in einer Umgebung mit hoher Schadstoffkonzentration die Atemschutzmaske unbeabsichtigt vom Gesicht entfernt wird. Für diese Fälle

wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, die Daten des Sensor-Mikrosystems (ordnungsgemäße Funktion, Gaskonzentration in der Atemluft, Alarmsignal) über eine drahtlose Datenfernverbindung, z.B. eine digital kodierte Funkverbindung an eine Zentrale zu übermitteln. Zur Fernüberwachung
5 mehrerer Maskenträger mit Sensorsystem, können die Signale einzelner Systeme zur Unterscheidung ebenfalls unterschiedlich digital kodiert sein.

Häufig ist es erforderlich, eventuell aufgetretene Schadstoffbelastungen des Geräteträgers im nachhinein zu rekonstruieren z.B. nach Arbeitsunfällen. Für
10 diese oder ähnliche Fälle wird erfindungsgemäß vorgeschlagen die relevanten Sensordaten (z.B. ordnungsgemäße Funktion, Gaskonzentration in der Atemluft, Alarmsignal) während der Betriebszeit des Sensorsystems in einem Digitalspeicher zu speichern (vergleichbar mit der Black-Box bei Verkehrsflugzeugen). Im Bedarfsfall können diese dann nachträglich ausgewertet
15 werden.

Für eine weitere Ausführungsvariante der Atemschutzmaske mit Sensor-Mikrosystem ist erfindungsgemäß vorgesehen, bei Vorliegen hoher Schadstoffkonzentrationen in der Atemluft des Geräteträgers, auf einen zweiten
20 Filter umzuschalten. Dies ist jedoch nur sinnvoll, wenn die erhöhte Schadstoffkonzentration durch ein erschöpftes Filter bedingt ist. Für zusätzliche Sicherheit auch in Fällen, in denen eine plötzliche Undichtigkeit der Maske auftritt ist erfindungsgemäß vorgesehen bei Vorliegen erhöhter Schadstoffkonzentrationen automatisch ein Ventil zu öffnen, das die Innenmaske
25 mit Luft oder reinem Sauerstoff belüftet. Der erhöhte Druck treibt dabei die belastete Luft nach außen und ermöglicht dem Geräteträger, den belasteten Bereich zu verlassen oder andere Schutzmaßnahmen vorzunehmen. Die Luft oder der reine Sauerstoff stammt aus einem geeigneten Druckbehälter, der außen an der Maske angebracht ist.

30 Als sicherheitserhöhendes Merkmal ist ergänzend vorgesehen, die Maske mit einem zusätzlichen Sensor auszustatten, der die Luftqualität auch außerhalb der Maske überwacht. Bei Vorliegen vorgegebener Schadstoffkonzentrationen in der

Außenluft kann so ein sogenannter Vor-Alarm signalisiert werden, der den Maskenträger zu erhöhter Aufmerksamkeit und Vorsicht auffordert.

Das zur Detektion von in die Maske eindringenden Schadstoffen bevorzugt zu verwendende Sensorsystem ist ein Mikrosystem, bestehend aus den
5 Komponenten Metalloxid-Sensor 122, Elektronik, Mikroprozessor mit integrierter Software 123 zur Steuerung und Auswertung des Sensorelementes (Fig. 12). Der Sensor ist bevorzugt auf einem gemeinsamen Trägersubstrat montiert, auf welcher sich die Komponenten für Analog-/Digitalwandlung, Signalverarbeitung
10 und Heizungssteuerung befinden.

Liste der Bezugszeichen:

	11	Sensorelement
	12	Außenwiderstand
	13	zentrales Steuer- und Regelgerät
5	14	Steuerleitung
	15	Schaltbaustein
	16, 18	erster, zweiter A/D-Wandler
	21	Heizimpulse
	22	stromloses Zeitintervall
10	31	Sensorsubstrat
	32	Heizstruktur
	33	sensitive Schicht
	40	Gehäuse
	44	Anschlußdrähte
15	45	Gehäuseboden
	47	Diffusionsschicht
	48	Gehäusemantel
	49	Glasschicht
	51	aktuelles Sensorsignal
20	52	Referenzsignal
	53, 54	Ereignisse
	60a	anfängliches Sensorsignal
	60b	anfängliche Heizleistung
	62	konstante Heizleistung
25	63	Heizleistung mit Störgrößen-Aufschaltung
	64	Sensorsignal bei Gasimpuls und nachgeführter Heizung
	65	Sensorsignal bei Feuchteimpuls und nicht nachgeführter Heizung
	66	Sensorsignal bei Feuchteimpuls und nachgeführter Heizung
	67	Sensorsignal bei konstanter Heizleistung
30	68	Sensorsignal bei Gasimpuls und nicht nachgeführter Heizung
	71	Sensor-Normpegel
	72	Reaktion des Sensorsignal auf Gasimpuls
	73	Zeitdauer des "stillen Voralarms"
	74	Zeitdauer des Schaltsignals
35	75	Reaktion des Sensorsignals auf Feuchteimpuls

	80	Ansatzstück
	81	Sensorsystem
	82	Außenhaut
	83	Sensor
5	84	Augenraum
	85, 86	ventilgesteuerte Luftführung
	87	Bajonettanschluß
	91	Sichtscheibe
	95	Gasdichtes Schraubgewinde
10	96	Funktionsanzeige- und Warneinrichtung
	102	Schlauchverbindung
	103	Kleinventilator
	106	Klappenventil
	112	Adapter
15	113	Filter
	122	Metalloxid-Sensor
	123	Mikrokontroler mit Software

Gewerbliche Anwendbarkeit:

Die Erfindung ist z.B. gewerblich anwendbar zur Überwachung von Atemschutz-Ausrüstungen (z.B. Atemschutz-Masken), zur Überwachung explosionsgefährdeter Gas-Luftgemische, zur Ermittlung der Qualität von Luft
5 zum Zwecke der situationsadaptierten Beeinflussung von Lüftungen jeder Art und zur Überwachung der Atemluft in geschlossenen Räumen und im Freien.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Betreiben eines Sensorelementes zur Detektion von in Luft
5 enthaltenen Gasen oder Dämpfen, das eine gassensitive Schicht aufweist und
mittels einer Heizstruktur elektrisch beheizbar ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Temperatur des Sensorelementes (11) geregelt wird und der
Temperatursollwert in Abhängigkeit von der Größe oder dem zeitlichen
10 Verhalten des Sensorsignals mittels einer Störgrößenaufschaltung zumindest
zeitweise verändert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass das Sensorsignal mit einem aus zeitlich zurückliegenden Sensorsignalen
15 gleitend oder adaptiv gebildeten Referenzwert verglichen wird, wobei die
Differenz zwischen Sensorsignal und Referenzwert und/oder das zeitliche
Verhalten dieser Differenz zur Auslösung eines Schaltsignals herangezogen
wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass der mit einem Temperaturkoeffizienten behaftete elektrische Widerstand
der Heizstruktur (32) als Regelgröße für die Temperatur des Sensorelementes
(11) verwendet wird.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die Temperatur der gassensitiven Schicht (33) nicht konstant gehalten
wird, sondern in Abhängigkeit vom zeitlichen Verhalten des Sensorsignals
eine die Temperatur der gassensitiven Schicht (33) erhöhende
Störgrößenaufschaltung so erfolgt, daß anhand des zeitlichen Verhaltens des
30 Sensorsignals solche Störeinflüsse, die durch Änderungen der physikalischen
Umgebungsbedingungen verursacht sind, von solchen Einflüssen, die durch
eine Änderung der Gaszusammensetzung oder Gaskonzentration verursacht
sind, unterscheidbar sind.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß mittels der Störgrößenaufschaltung die Heizleistung durch das
Sensorsignal kurzzeitig so beeinflusst wird, daß eine Änderung des
5 Sensorsignals, die durch eine Änderung der Luftfeuchte oder einer Änderung
der Lufttemperatur verursacht wird, schneller und/oder in einem stärkeren
Ausmaß kompensiert wird als eine Änderung des Sensorsignals, die durch eine
Änderung der Gaskonzentration verursacht wird.

10 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
daß eine Änderung des Sensorsignals, die durch eine Änderung der
Luftfeuchte oder einer Änderung der Lufttemperatur verursacht wird, von
einer Änderung des Sensorsignals, die durch eine Änderung der
Gaskonzentration verursacht wird, anhand des jeweils unterschiedlichen
15 zeitlichen Verhaltens des Sensorsignals unterscheidbar ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet,
daß die Unterscheidung zwischen Änderung des Sensorsignals, die durch eine
Änderung der Luftfeuchte oder einer Änderung der Lufttemperatur verursacht
20 wird, und einer Änderung des Sensorsignals, die durch eine Änderung der
Gaskonzentration verursacht wird, mittels geeigneter Software automatisch
erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
25 dass aus zeitlich zurückliegenden Sensorsignalen ein Mittelwert gebildet und
aus diesem ein zur Auslösung eines Schaltsignals heranziehbarer
Referenzwert für das jeweils aktuelle Sensorsignal gebildet wird, wobei für
den Zeitraum der Störgrößenaufschaltung die Mittelwertbildung ausgesetzt
wird.

30 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
dass zur Bildung des Referenzwertes die Kennlinie des Sensorelementes
berücksichtigt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
dass zur Detektion oxidierbarer Luftinhaltsstoffe für den Zeitraum, in dem der
aktuelle Sensorwert kleiner als der aus dem Mittelwert gebildete Referenzwert
ist, die Mittelwertbildung aussetzt und der alte Referenzwert beibehalten
5 wird.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
dass zur Detektion reduzierbarer Luftinhaltsstoffe für den Zeitraum, in dem
der aktuelle Sensorwert größer als der aus dem Mittelwert gebildete
10 Referenzwert ist, die Mittelwertbildung aussetzt und der alte Referenzwert
beibehalten wird.

12. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
daß der zur Bildung des Mittelwertes berücksichtigte Mittelungszeitraum
15 variabel ist.

13. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
daß die Bildung des Referenzwertes durch Berücksichtigung zeitlich
vorausgegangener Sensorsignale erfolgt, wobei die Länge des hierbei
20 berücksichtigten Zeitraumes variabel ist.

14. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
daß die Bildung des Referenzwertes durch Berücksichtigung zeitlich
vorausgegangener Referenzwerte erfolgt, wobei die Länge des hierbei
25 berücksichtigten Zeitraumes variabel ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
daß die Länge des berücksichtigten Zeitraumes vom zeitlichen Verhalten des
Sensorsignals abhängt.
30

16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß das Sensorsignal zugleich über zwei unterschiedliche Zeiträume gemittelt
wird, wobei von dem über den längeren Zeitraum gebildeten Mittelwert ein
bestimmter Betrag oder abgezogen wird und ein Schaltsignal ausgelöst wird,
35 wenn der über den kürzeren Zeitraum gebildete Mittelwert kleiner wird als

der sich durch Mittelung über den längeren Zeitraum und Abzug des bestimmten Betrages ergebende Wert.

17. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

5 dass die Temperatur der Heizstruktur periodisch vorübergehend erhöht wird und die Sensorsignale vor, während und nach jeder Temperaturerhöhung zur qualitativen Ermittlung einer Anwesenheit zusätzlicher oxidierbarer bzw. reduzierbarer Luftinhaltsstoffe verglichen werden.

10 18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß die Änderung der Impedanz der gassentiven Schicht (33) zur Bildung eines Sensorsignals benutzt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

15 daß die Änderung des elektrischen Widerstandes der gassentiven Schicht (33) zur Bildung eines Sensorsignals benutzt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet

20 daß für den Referenzwert zusätzlich eine untere Schranke festgelegt ist, die der Referenzwert niemals unterschreiten kann und die durch sensorbedingte Schwankungen nicht erreicht wird, wobei die Gaskonzentration, die diesem Sensorsignal zugeordnet werden kann, keine dauerhaften Schäden auf den Menschen hat bzw. sich im Falle einer z.B. Überwachung von Explosionsgrenzen in weitem Sicherheitsabstand zur Explosionsgrenze befindet.

25

21. Sensorvorrichtung zur Detektion von in Luft enthaltenen Gasen oder Dämpfen mittels eines Sensorelementes, das eine gassensitive Schicht aufweist und mittels einer Heizstruktur elektrisch beheizbar ist, dadurch gekennzeichnet,

30 dass das Sensorelement (11) in einem Gehäuse (40) angeordnet ist, welches das Sensorelement (11) von außerhalb des Gehäuses (40) stattfindenden Luftbewegungen abschirmt, wobei das Gehäuse (40) eine Diffusionsschicht (47) aufweist, durch welche per Diffusion ein Durchgang von Gas und Dampf von außen in das Innere des Gehäuses (40) und umgekehrt möglich ist.

35

22. Sensorvorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (40) und die Diffusionsschicht (47) wärmedämmend oder thermisch isolierend ausgebildet sind.

5 23. Sensorvorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsschicht (47) aus einem Sintermaterial mit glasartiger oder metallischer Struktur besteht.

24. Sensorvorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,
10 dass die Diffusionsschicht aus einer gasdurchlässigen Kunststoffolie besteht.

25. Sensorvorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement (11) ein Metalloxidsensor ist.

15 26. Sensorvorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststoffolie aus Teflon (PTFE) besteht.

27. Sensorvorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement (11) zu seiner elektrischen Beheizung eine
20 Heizstruktur (32) aufweist.

28. Sensorvorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizstruktur (32) eine strukturierte Platinschicht ist.

25 29. Atemschutzmaske mit zum Zwecke der Maskenreinigung leicht entfernbarem Sensor-Mikrosystem mit Sensor, Elektronik mit Mikroprozessor und Steuerungs/Auswertesoftware, dadurch gekennzeichnet, daß das Mikrosystem den Träger oder andere Personen über in die Atemschutzmaske eindringende Schadstoffe informiert.

30
30. Atemschutzmaske nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorsystem von außen an der Außenhaut (82) der Atemschutzmaske befestigt ist und das gasempfindliche Sensorelement (83) durch eine Öffnung mit dem Augenraum (84) der Atemschutzmaske gastechnisch in Verbindung
35 steht.

31. Atemschutzmaske nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Sensorsystem (81) außerhalb der Atemschutzmaske befindet und über eine gasdurchlässige Verbindung wie z.B. eine Schlauchverbindung (102) mit dem Augenraum (84) der Atemschutzmaske verbunden ist.
- 5
32. Atemschutzmaske nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Gastransport vom Innenraum der Atemschutzmaske zum Sensorsystem (81) über eine über die Atmung betriebene Pumpe erfolgt.
- 10
33. Atemschutzmaske nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Gastransport vom Innenraum der Atemschutzmaske zum Sensorsystem (81) mit Hilfe einer elektrisch betriebenen Pumpe oder einem Kleinventilator (103) erfolgt.
- 15
34. Atemschutzmaske nach Anspruch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die ordnungsgemäße Funktion des Sensorsystems (81) optisch oder akustisch angezeigt wird.
- 20
35. Atemschutzmaske nach Anspruch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß in die Atemschutzmaske eindringende Schadstoffe optisch und/oder akustisch signalisiert werden.
- 25
36. Atemschutzmaske nach Anspruch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß in die Atemschutzmaske eindringende Schadstoffe über einen Vibrationsalarm signalisiert werden.
- 30
37. Atemschutzmaske nach Anspruch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß ein Eindringen von Schadstoffen in die Atemschutzmaske dem Träger durch einen elektrischen Reiz signalisiert wird

38. .Atemschutzmaske nach Anspruch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß eine nicht ordnungsgemäße Funktion des Sensorsystems (81) und in die Atemschutzmaske eindringende Schadstoffe über eine Funkverbindung an
5 eine Zentralstelle gemeldet werden.

39. .Atemschutzmaske nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Atemschutzmaske bei der Funkverbindung digital kodiert wird, um die Unterscheidung individueller Atemschutzmasken zu ermöglichen, so daß
10 bei Verwendung mehrerer Atemschutzmasken deren Funksignale in der Zentralstelle nicht verwechselt werden können.

40. Atemschutzmaske nach Anspruch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 39, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Sensorsystem (81) erzeugten Signale in einem Analog- oder
15 Digitalspeicher zur zusätzlichen späteren Auswertung gespeichert werden (black box).

41. Atemschutzmaske nach Anspr-uch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß bei Eindringen von Schadstoffen in die Atemschutzmaske auf einen
20 zweiten Filter umgeschaltet wird.

42. Atemschutzmaske nach Anspruch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 41, dadurch gekennzeichnet, daß bei Eindringen von Schadstoffen in die Atemschutzmaske die
25 Atemschutzmaske aus einem mit komprimierter Luft oder Sauerstoff gefüllten Behälter belüftet wird.

30 43. Atemschutzmaske nach Anspruch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe des Sensorsystems (81) die Atmung des Trägers überwacht wird und bei Veränderung vorgegebener Parameter (z.B. Atemstillstand) ein Alarmsignal optisch, und/oder akustisch und/oder über eine kodierte
35 Funkverbindung übermittelt wird.

44. Atemschutzmaske nach Anspruch 29 und mindestens einem der Ansprüche 30 bis 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Atemschutzmaske mit einem zusätzlichen Sensorsystem ausgestattet ist, das die Außenluftqualität überwacht und bei Erreichen vorgegebener Schadstoffkonzentrationen einen Voralarm liefert, der den Maskenträger darüber informiert, daß er sich in einer mit Schadstoffen belasteten Umgebung befindet.

45. Atemschutzmaske nach mindestens einem der Ansprüche 29 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem im Mikrosystem integrierten Sensorelement um einen beheizten Metalloxidsensor handelt, der sich in einem isothermischen Gehäuse befindet und der Gasaustausch über eine Diffusionsschicht erfolgt.

46. Atemschutzmaske, mit zum Zwecke der Maskenreinigung leicht entfernbarem Sensor-Mikrosystem, umfassend Elektronik mit Mikroprozessor und Steuerungs/Auswertesoftware sowie eine Sensorvorrichtung aufweist zur Detektion von in Luft enthaltenen Gasen oder Dämpfen mittels eines Sensorelementes, das eine gassensitive Schicht aufweist und mittels einer Heizstruktur elektrisch beheizbar ist, wobei das Sensorelement (11) in einem Gehäuse (40) angeordnet ist, welches das Sensorelement (11) von außerhalb des Gehäuses (40) stattfindenden Luftbewegungen abschirmt, wobei das Gehäuse (40) eine Diffusionsschicht (47) aufweist, durch welche per Diffusion ein Durchgang von Gas und Dampf von außen in das Innere des Gehäuses (40) und umgekehrt möglich ist, wobei die Temperatur des Sensorelementes (11) geregelt wird und der Temperatursollwert in Abhängigkeit von der Größe oder dem zeitlichen Verhalten des Sensorsignals mittels einer Störgrößenaufschaltung zumindest zeitweise verändert wird, wobei das Mikrosystem den Träger oder andere Personen über in die Atemschutzmaske eindringende Schadstoffe informiert.

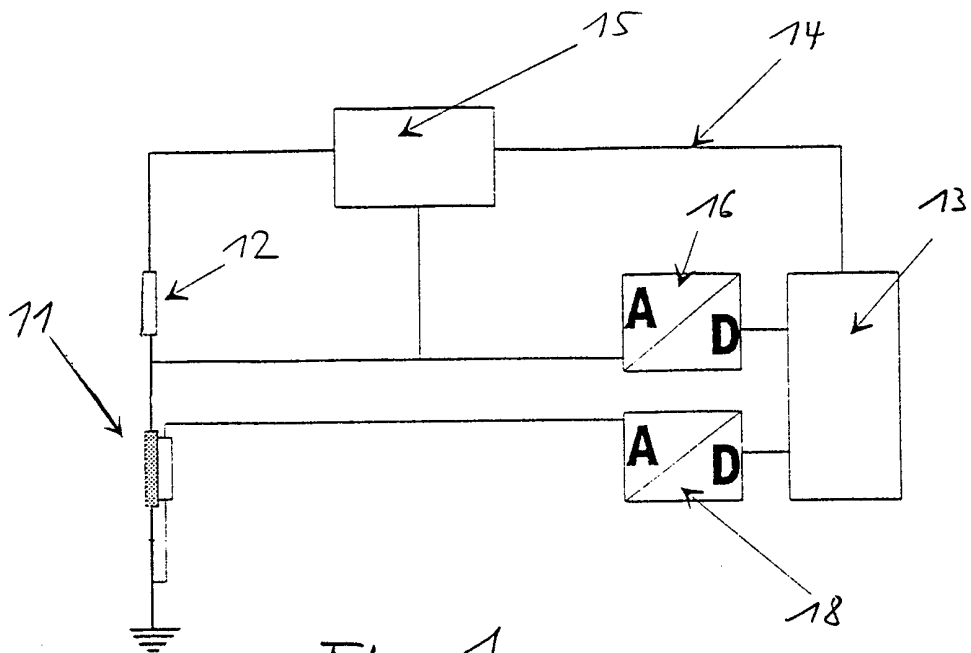


Fig. 1

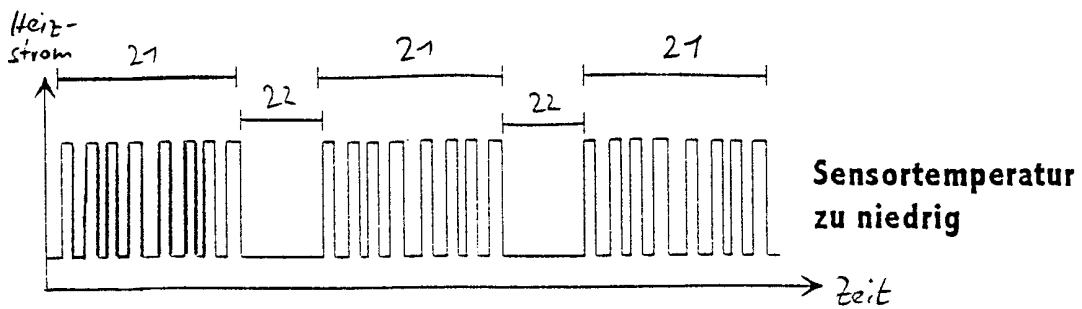
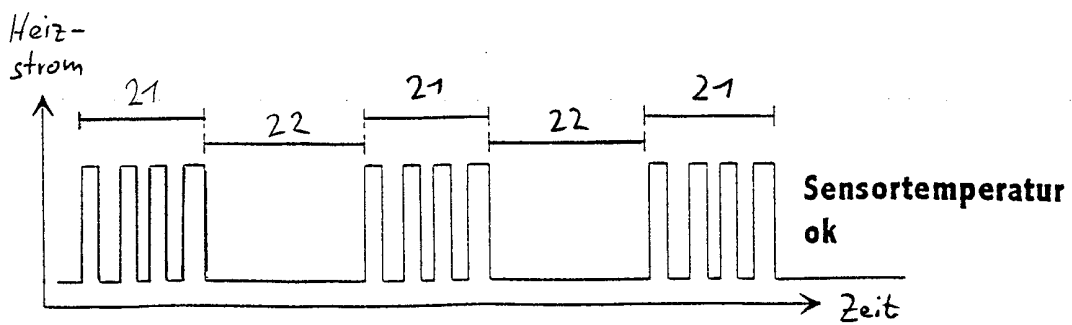


Fig. 2

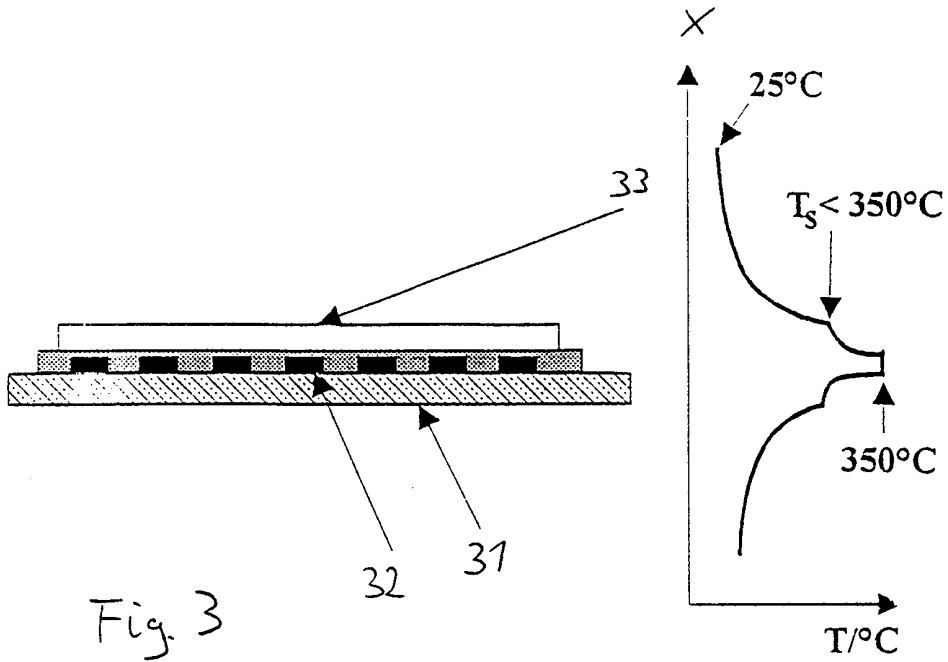


Fig. 3

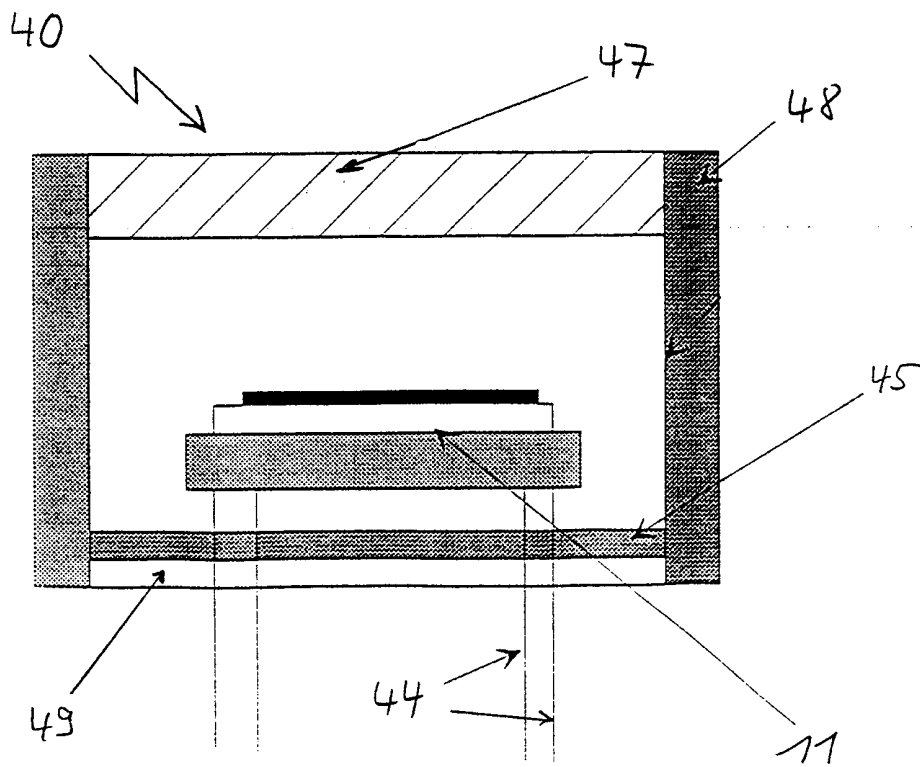


Fig. 4

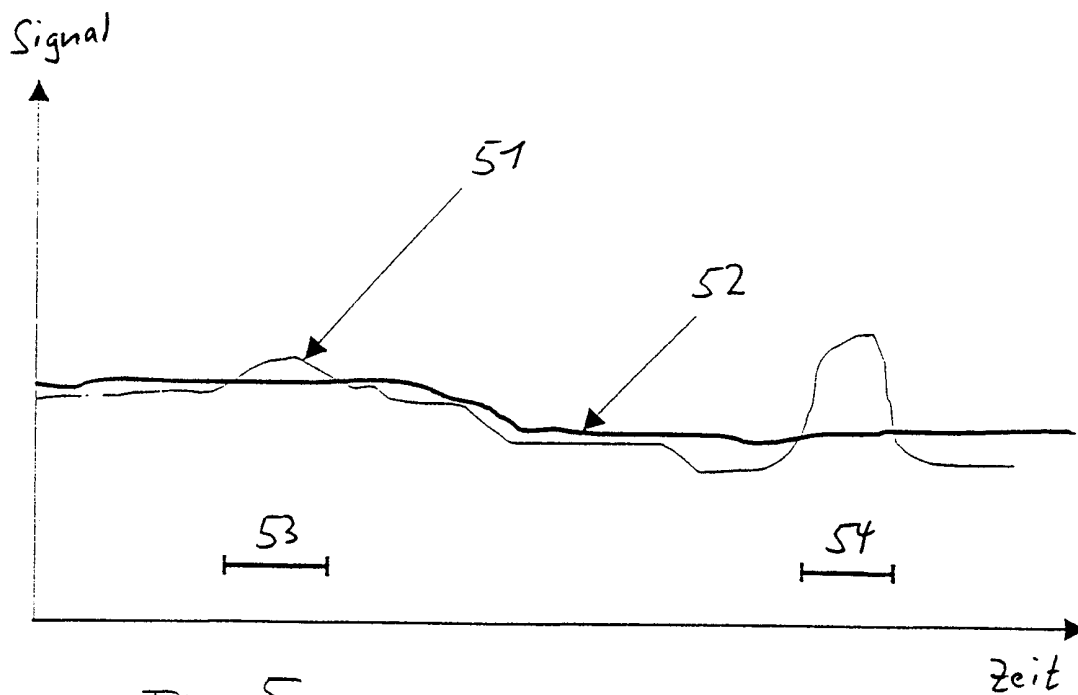


Fig. 5

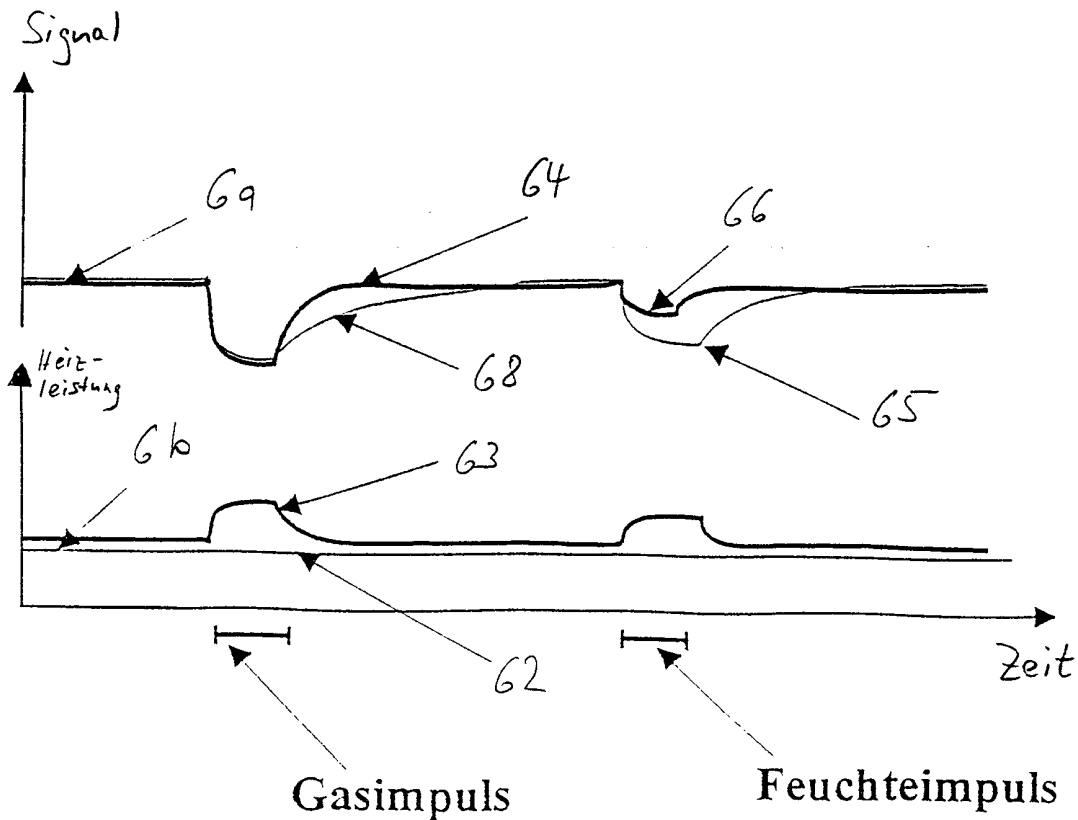


Fig. 6

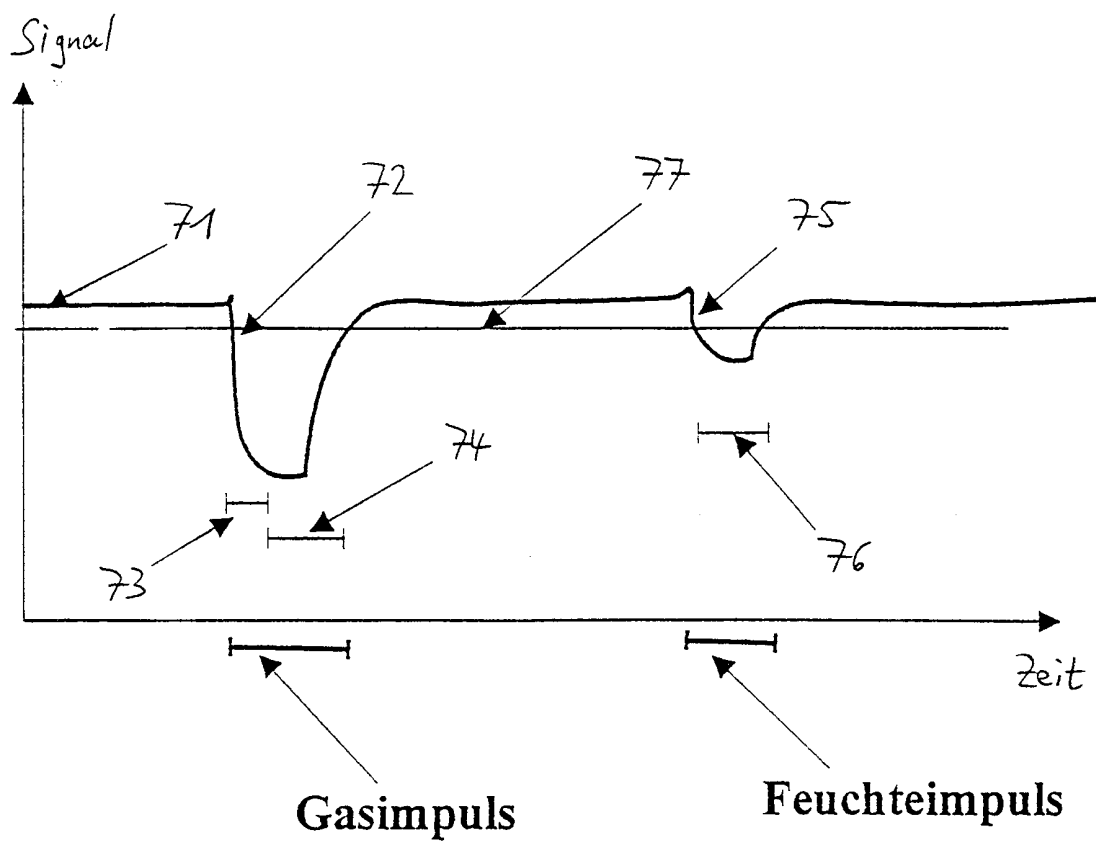
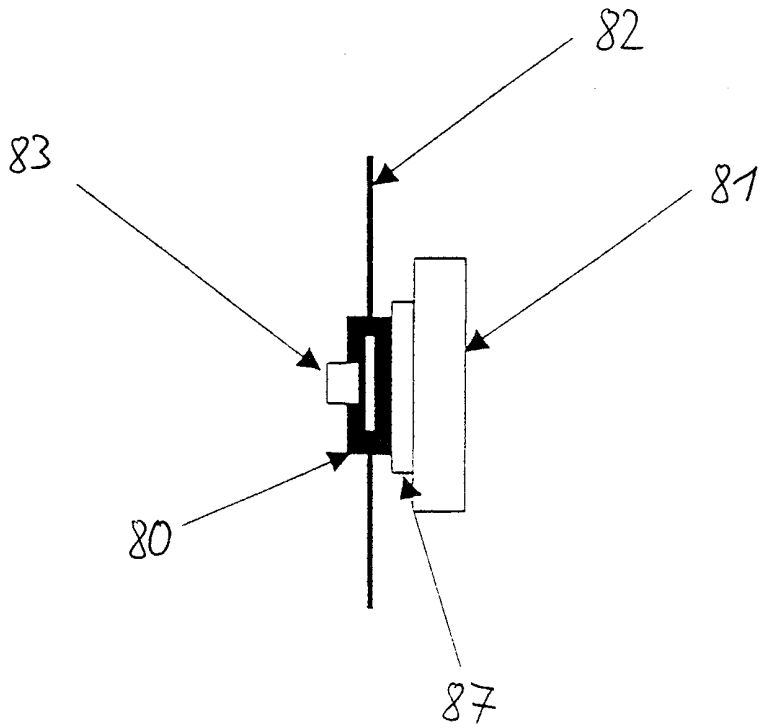
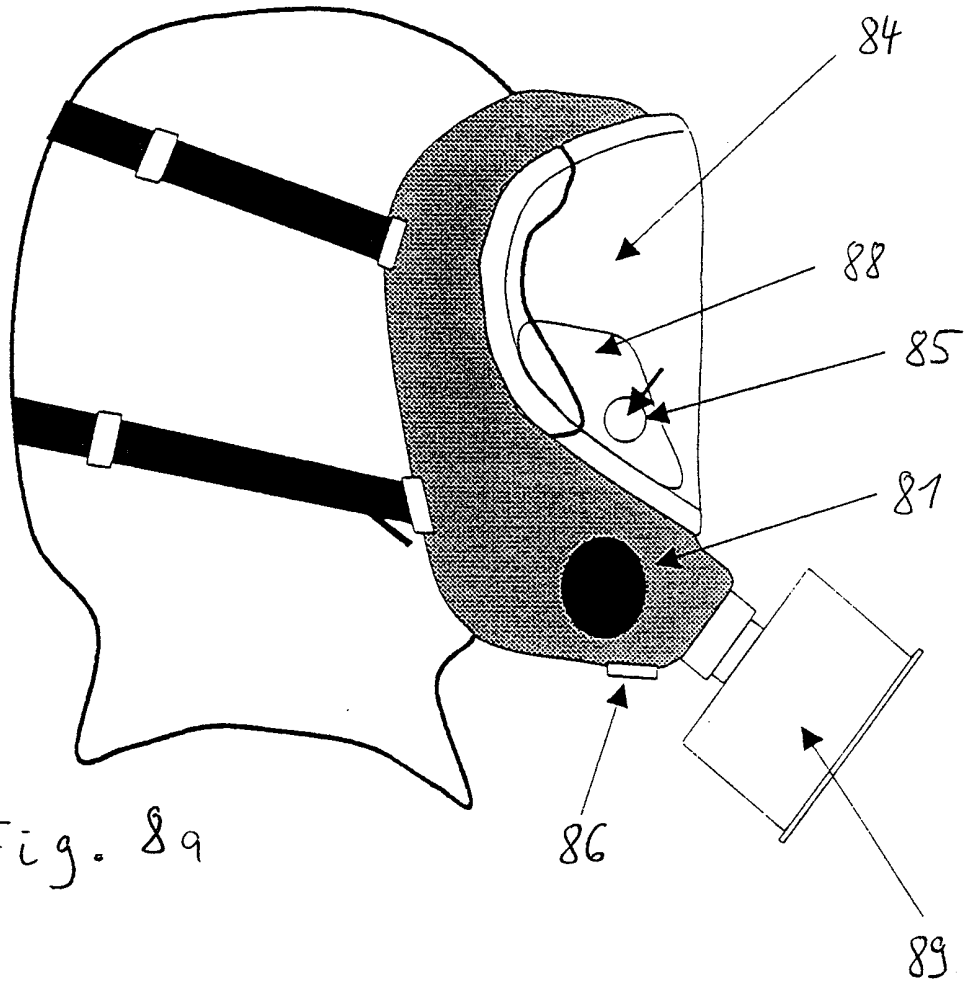


Fig. 7



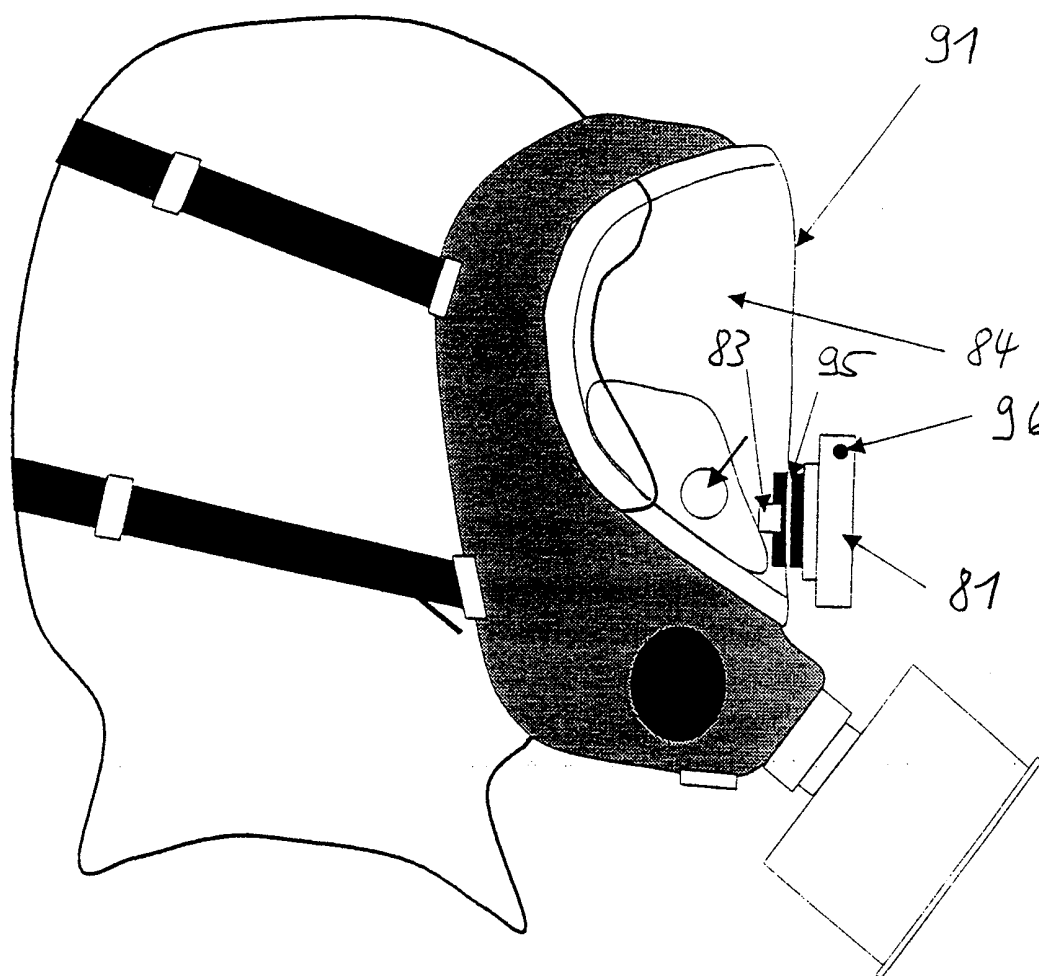


Fig. 9

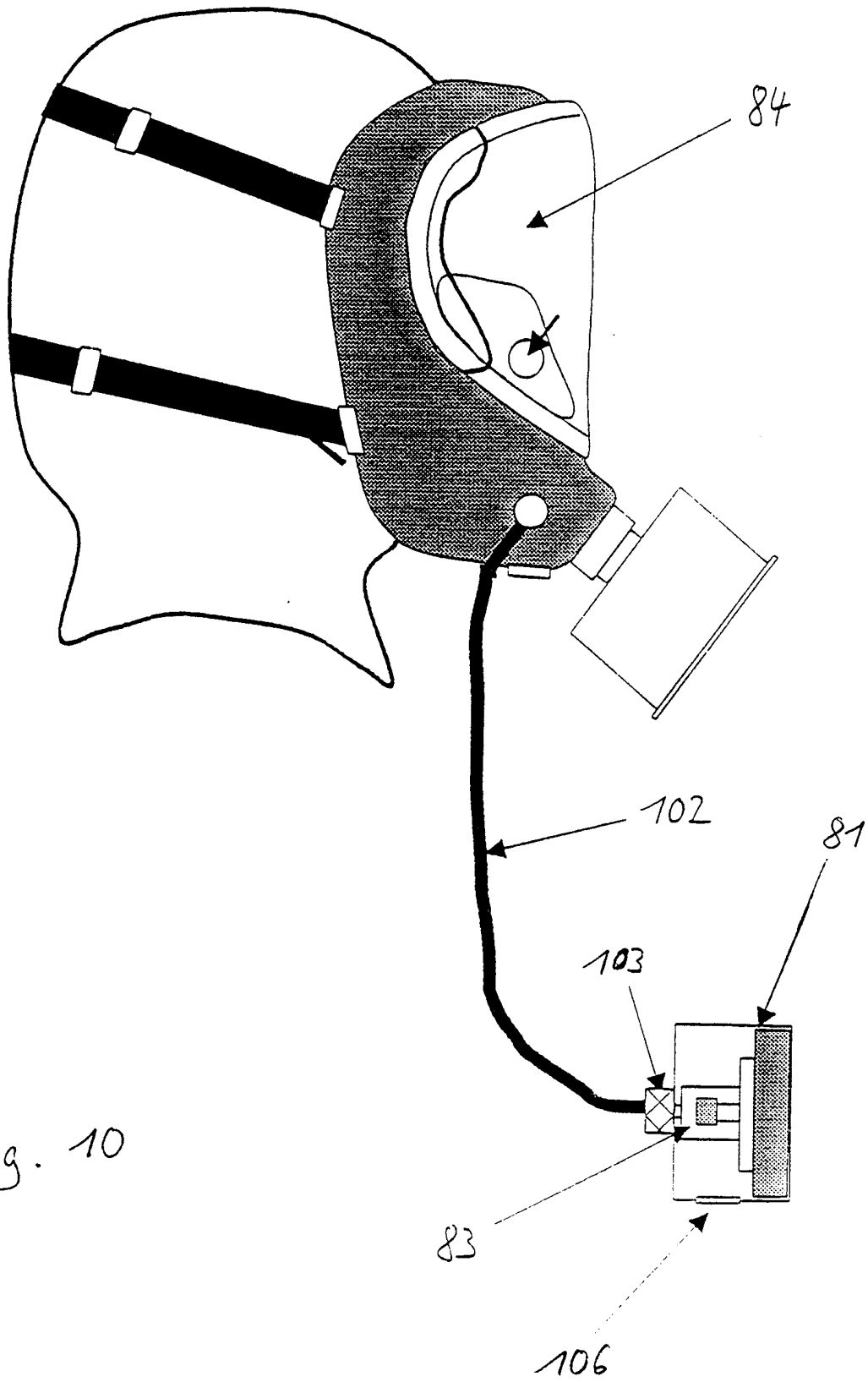


Fig. 10

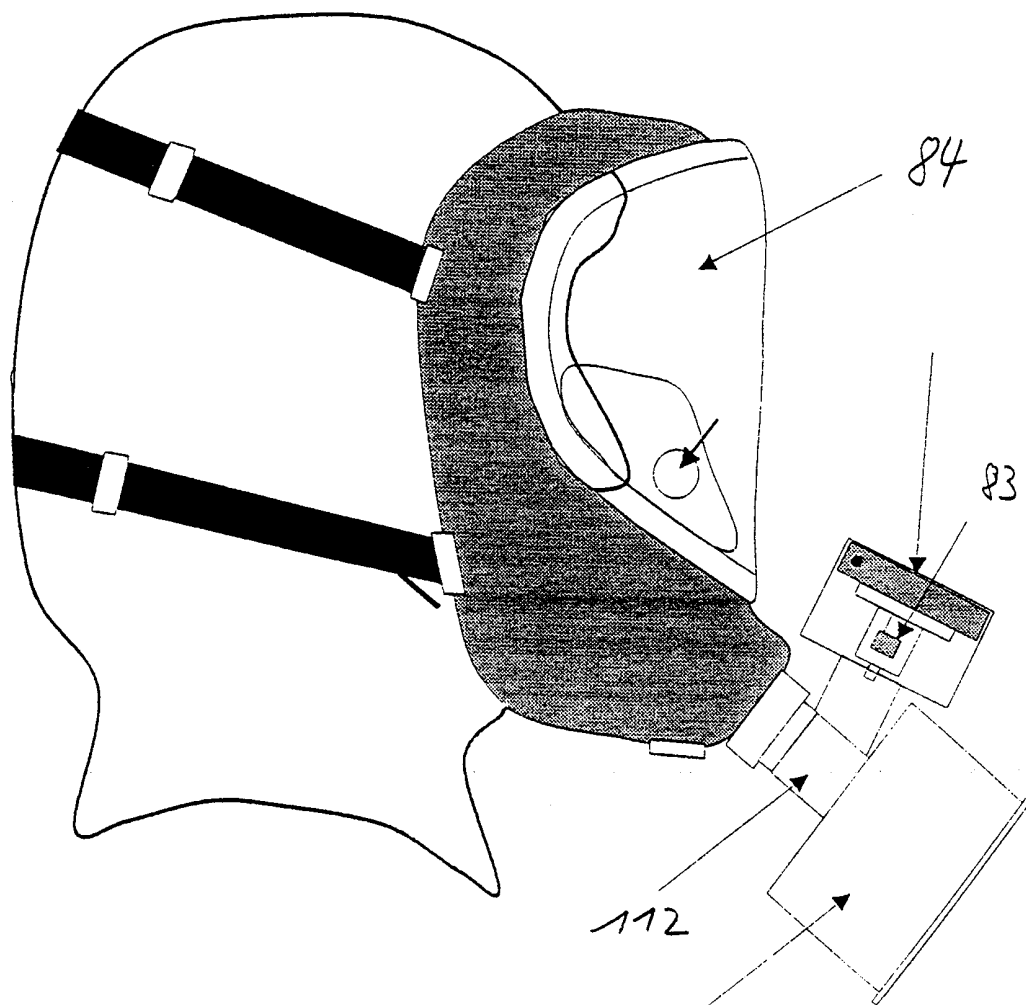


Fig. 11

122

123

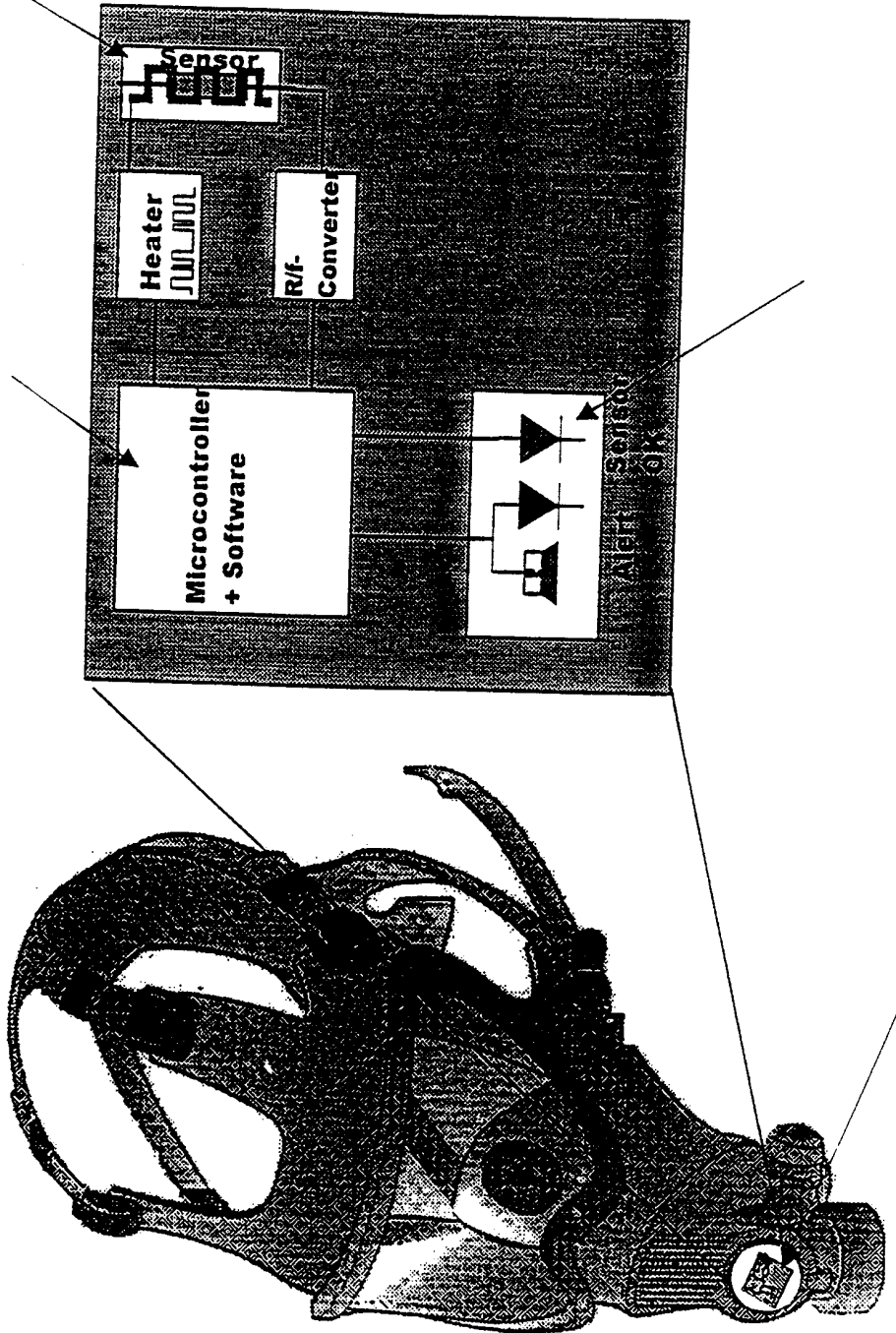


Fig. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/02371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 A62B9/00 G01N33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A62B G01N G08B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 44 12 447 A (RUMP ELEKTRONIK TECH) 19 October 1995 (1995-10-19)	1-16, 18, 19, 21, 25, 27
Y	the whole document	29-37, 40, 45, 46
A	----	17, 20
Y	US 4 873 970 A (FREIDANK MICHAEL ET AL) 17 October 1989 (1989-10-17) column 2, line 22 -column 4, line 8; figures	29-37, 40, 45, 46
A	EP 0 343 521 A (GERATEBAU MBH GES) 29 November 1989 (1989-11-29) cited in the application column 1, line 46 -column 4, line 47; figures	1-46

	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 August 2000

Date of mailing of the international search report

21/08/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Triantaphillou, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
 PCT/EP 00/02371

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 338 281 A (TREITINGER LUDWIG ET AL) 6 July 1982 (1982-07-06) the whole document ----	1-28
A	US 3 950 739 A (CAMPMAN JAMES P) 13 April 1976 (1976-04-13) the whole document ----	1
A	WO 96 12523 A (MINNESOTA MINING & MFG) 2 May 1996 (1996-05-02) cited in the application the whole document -----	29-46

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/02371

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4412447	A	19-10-1995	NONE	
US 4873970	A	17-10-1989	DE 3613512 A DE 3783944 A EP 0246444 A	29-10-1987 18-03-1993 25-11-1987
EP 0343521	A	29-11-1989	DE 3818052 A AT 99970 T DE 58906666 D US 5018518 A	07-12-1989 15-01-1994 24-02-1994 28-05-1991
US 4338281	A	06-07-1982	DE 3019387 A FR 2484646 A JP 57017849 A	26-11-1981 18-12-1981 29-01-1982
US 3950739	A	13-04-1976	NONE	
WO 9612523	A	02-05-1996	US 5666949 A BR 9509485 A CA 2201615 A EP 0788393 A JP 10507663 T	16-09-1997 30-09-1997 02-05-1996 13-08-1997 28-07-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/02371

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 A62B9/00 G01N33/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 A62B G01N G08B

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

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

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 44 12 447 A (RUMP ELEKTRONIK TECH) 19. Oktober 1995 (1995-10-19)	1-16, 18, 19, 21, 25, 27
Y	das ganze Dokument	29-37, 40, 45, 46
A	---	17, 20
Y	US 4 873 970 A (FREIDANK MICHAEL ET AL) 17. Oktober 1989 (1989-10-17) Spalte 2, Zeile 22 - Spalte 4, Zeile 8; Abbildungen	29-37, 40, 45, 46
A	---	
A	EP 0 343 521 A (GERATEBAU MBH GES) 29. November 1989 (1989-11-29) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 46 - Spalte 4, Zeile 47; Abbildungen	1-46

	--- /---	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. August 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/08/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Triantaphillou, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/02371

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 338 281 A (TREITINGER LUDWIG ET AL) 6. Juli 1982 (1982-07-06) das ganze Dokument ----	1-28
A	US 3 950 739 A (CAMPMAN JAMES P) 13. April 1976 (1976-04-13) das ganze Dokument ----	1
A	WO 96 12523 A (MINNESOTA MINING & MFG) 2. Mai 1996 (1996-05-02) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	29-46

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/02371

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4412447 A	19-10-1995	KEINE	
US 4873970 A	17-10-1989	DE 3613512 A DE 3783944 A EP 0246444 A	29-10-1987 18-03-1993 25-11-1987
EP 0343521 A	29-11-1989	DE 3818052 A AT 99970 T DE 58906666 D US 5018518 A	07-12-1989 15-01-1994 24-02-1994 28-05-1991
US 4338281 A	06-07-1982	DE 3019387 A FR 2484646 A JP 57017849 A	26-11-1981 18-12-1981 29-01-1982
US 3950739 A	13-04-1976	KEINE	
WO 9612523 A	02-05-1996	US 5666949 A BR 9509485 A CA 2201615 A EP 0788393 A JP 10507663 T	16-09-1997 30-09-1997 02-05-1996 13-08-1997 28-07-1998