



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 04 909 T2** 2006.04.27

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 446 197 B1**

(51) Int Cl.⁸: **A62B 18/10** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 04 909.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/31418**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 778 420.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/045503**

(86) PCT-Anmeldetag: **03.10.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **05.06.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.08.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **29.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.04.2006**

(30) Unionspriorität:

989965 21.11.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR**

(73) Patentinhaber:

3M Innovative Properties Co., St. Paul, Minn., US

(72) Erfinder:

**MARTIN, G., Philip, Saint Paul, US; XUE, Jianxian,
Saint Paul, US**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **ATEMSCHUTZMASKE, DIE EIN AUSATMUNGSVENTIL BENUTZT, DAS EINE FLEXIBLE, MEHR-
SCHICHTIGE Klappe hat**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Atemschutzmaske, die eine mehrschichtige flexible Klappe als dynamisches mechanisches Element in ihrem Ausatemungsventil oder in ihrem Einatemungsventil benutzt.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Personen, die in einem schadstoffbelasteten Umfeld arbeiten, tragen gewöhnlich eine Atemschutzmaske, um sich gegen ein Einatmen von Kontaminationsstoffen, die sich in der Luft befinden, zu schützen. Atemschutzmasken haben typisch ein Gewebefilter oder ein Sorptionsmittelfilter, das im Stande ist, partikuläre und/oder gasförmige Kontaminationsstoffe aus der Luft zu entfernen. Wenn eine Gesichtsschutzmaske in einer kontaminierten Umgebung getragen wird, ist es für die Träger beruhigend zu wissen, dass ihre Gesundheit geschützt ist; gleichzeitig ist ihnen jedoch die warme, feuchte Ausatemluft, die sich um ihr Gesicht ansammelt, unangenehm. Je stärker dieses Unbehagen im Gesicht ist, desto größer sind die Aussichten, dass die Träger die Maske von ihrem Gesicht abnehmen werden, um sich den unangenehmen Zustand zu erleichtern.

[0003] Um die Wahrscheinlichkeit, dass ein Träger in einer kontaminierten Umgebung die Maske von seinem Gesicht abnehmen wird, zu verringern, bringen Hersteller von Atemschutzmasken oftmals ein Ausatemungsventil an dem Maskenkörper an, das ermöglicht, die warme, feuchte Ausatemluft schnell aus dem Maskeninneren abzuführen. Das rasche Entfernen der Ausatemluft macht das Maskeninnere kühler, und dies wirkt sich wiederum positiv auf die Sicherheit der Arbeiter aus, da es weniger wahrscheinlich ist, dass die Maskenträger die Maske von ihrem Gesicht abnehmen, um das warme, feuchte Milieu, das sich um ihre Nase und ihren Mund befindet, zu entfernen.

[0004] Seit vielen Jahren bringen gewerbliche Hersteller von Atemschutzmasken „knopfartige“ Ausatemungsventile an den Masken an, um die Ausatemluft aus dem Maskeninneren abzuführen. Die knopfartigen Ventile haben typisch eine dünne, kreisförmige, flexible Klappe als dynamisches mechanisches Element benutzt, das Ausatemluft aus dem Maskeninneren entweichen lässt. Die Klappe ist über einen mittigen Stiel zentrisch an einem Ventilsitz angebracht. Beispiele für knopfartige Ventile sind in den US-Patenten 2,072,516, 2,230,770, 2,895,472, und 4,630,604 aufgezeigt. Wenn eine Person ausatmet, wird ein Umfangsabschnitt der Klappe von dem Ventilsitz emporgehoben, um zu ermöglichen, dass Luft aus dem Maskeninneren entweicht.

[0005] Knopfartige Ventile haben einen Fortschritt bei dem Versuch, den Komfort für den Träger zu verbessern, gebracht; Forscher haben jedoch weitere Verbesserungen vorgenommen, wovon ein Beispiel in dem US-Patent 4,934,362 an Braun aufgezeigt ist. Das in diesem Patent beschriebene Ventil benutzt einen parabelförmigen Ventilsitz und eine längliche flexible Klappe. Wie das knopfartige Ventil hat auch das Ventil von Braun eine zentrisch angebrachte Klappe mit einem Klappenrandabschnitt, der bei einem Ausatmen von einer Dichtungsfläche abhebt, um zu ermöglichen, dass die Ausatemluft aus dem Maskeninneren entweicht.

[0006] Nach der Braunschen Entwicklung wurde auf dem Gebiet der Ausatemungsventile von Japuntich u.a. eine weitere Neuerung eingeführt, siehe US-Patente 5,325,892 und 5,509,436. Das Ventil von Japuntich u.a. benutzt eine einzige flexible Klappe, die außermittig in der Art eines Auslegers angebracht ist, um den Ausatemdruck, der erforderlich ist, um das Ventil zu öffnen, auf ein Minimum herabzusetzen. Wenn der Ventilöffnungsdruck auf ein Minimum herabgesetzt ist, wird weniger Kraft benötigt, um das Ventil zu betätigen, was bedeutet, dass sich der Träger nicht so sehr anstrengen muss, um beim Atmen die Ausatemluft aus dem Maskeninneren auszustoßen.

[0007] Weitere Ventile, die nach dem Ventil von Japuntich u.a. eingeführt worden sind, haben ebenfalls eine außerszentrisch angebrachte auslegerartige, flexible Klappe benutzt, siehe US-Patente 5,687,767 und 6,047,698. Ventile, die diese Art des Aufbaus aufweisen, werden mitunter als „klappenartige“ Ausatemungsventile bezeichnet.

[0008] Bei bekannten Ventilizerzeugnissen, wie etwa den oben beschriebenen Ausatemungsventilen, hatte die flexible Klappe einen monolithischen Aufbau. Beispielsweise ist die flexible Klappe, die in dem '362er Patent an Braun beschrieben ist, aus reinem Gummi hergestellt, und die in den Patenten an Japuntich u.a. beschriebene Klappe ist ausschließlich aus einem elastomeren Werkstoff wie etwa einem vernetzten natürlichen Gummi (beispielsweise vernetztem Polyisopren) oder einem synthetischen Elastomer wie etwa Neopren, Butylkautschuk, Nitrilkautschuk oder Siliconkautschuk hergestellt.

[0009] Obwohl bekannte Ausatemungsventilizerzeugnisse bei der Verbesserung des Komforts des Trägers da-

durch, dass sie unterstützen, dass die Ausatemluft das Maskeninnere verlässt, schon erfolgreich sind, hat keines der bekannten Ventilherzeugnisse flexible Klappen benutzt, die aus mehreren Schichten aus unterschiedlichen Werkstoffkomponenten hergestellt sind, die, wie weiter unten beschrieben ist, für weitere Vorteile bei der Verbesserung der Ventilfunktion und deshalb des Komforts des Trägers sorgen.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die vorliegende Erfindung schafft eine neue Atemschutzmaske, die kurz dargestellt umfasst:

(a) einen Maskenkörper, der derart gearbeitet ist, dass er mindestens über die Nase und den Mund eines Trägers passt, um einen inneren Gasraum zu schaffen, wenn er getragen wird; und (b) ein Ausatemventil, das in einer Fluidverbindung mit dem inneren Gasraum ist. Das Ausatemventil umfasst: (i) einen Ventilsitz, der eine Dichtungsfläche und eine Öffnung, durch welche ausgeatmete Luft strömen kann, um den inneren Gasraum zu verlassen, aufweist; und (ii) eine flexible Klappe, die derart an dem Ventilsitz angebracht ist, dass die Klappe mit der Dichtungsfläche in Kontakt ist, wenn sich das Ventil in seiner geschlossenen Position befindet, und derart, dass sich die Klappe während eines Ausatmens von der Dichtungsfläche wegbiegen kann, um der ausgeatmeten Luft zu ermöglichen, durch die Öffnung zu strömen. Die flexible Klappe weist erste und zweite Schichten auf, die nebeneinander liegen, wobei mindestens eine der Schichten steifer als die andere ist oder einen größeren Elastizitätsmodul als die andere Schicht besitzt.

[0011] Die Erfinder erkannten, dass die Verwendung einer mehrschichtigen flexiblen Klappe in einem unidirektionalen Fluidventil einem Ausatemventil für eine Atemschutzmaske Funktionsvorteile verschaffen kann. Insbesondere haben die Erfinder erkannt, dass in einigen Fällen eine dünnere und dynamischere flexible Klappe benutzt werden kann, die dem Ventil ermöglichen kann, leichter bei einem geringeren Druckabfall zu öffnen, um zu ermöglichen, dass warme, feuchte Ausatemluft bei einem niedrigeren Ausatemdruck aus dem Maskeninneren entweicht. Die Träger können deshalb in die Lage versetzt werden, größere Mengen ausgeatmeter Luft aus dem inneren Gasraum rascher auszublasen, ohne so viel Kraft aufzuwenden, woraus ein verbesserter Komfort des Maskenträgers resultiert.

[0012] Außerdem erkannten die Erfinder, dass den Herstellern der Klappen für Ausatemventile ein größeres Verfahrensfenster zur Verfügung stehen könnte. Wenn klappenartige Ausatemventile hergestellt werden, müssen die Dicke und die Steife des Klappenwerkstoffs im Allgemeinen sorgfältig überwacht werden, damit die für die Klappe zweckdienliche Biegesteifigkeit erzielt werden kann, andernfalls kann das Ventil an der Stelle, an der die Klappe die Dichtungsfläche des Ventilsitzes berührt, eine Undichtigkeit aufweisen. Wenn eine mehrschichtige Klappe der vorliegenden Erfindung hergestellt wird, braucht jedoch die unterschiedliche Qualität von einer Klappe zur nächsten während des Fertigungsprozesses nicht so streng überwacht zu werden, da leicht eine Schicht in der Klappe so gestaltet werden kann, dass sie die Klappe mit der gewünschten Biegesteifigkeit versieht. Die Toleranzen der Gesamtdicke der Klappe brauchen dann bei der Herstellung nicht so streng überwacht werden. Der Aufbau und die Vorteile des neuen Ausatemventils können auch auf ein Einatemventil angewendet werden, wobei der Strom durch das Ventil ebenfalls nur in einer Richtung erfolgt und wobei Verbesserungen bei dem Druckabfall über dem Ventil für den Tragekomfort ähnlich vorteilhaft sind.

[0013] Weitere bevorzugte Ausführungsformen werden wie folgt beschrieben:

1. Atemschutzmaske, die aufweist:

(a) einen Maskenkörper, der derart gearbeitet ist, dass er mindestens über die Nase und den Mund eines Trägers passt, um einen inneren Gasraum zu schaffen, wenn er getragen wird; und

(b) ein Ausatemventil, das in einer Fluidverbindung mit dem inneren Gasraum ist, wobei das Ausatemventil aufweist:

(i) einen Ventilsitz, der eine Dichtungsfläche und eine Öffnung, durch welche ausgeatmete Luft strömen kann, um den inneren Gasraum zu verlassen, aufweist; und

(ii) eine flexible Klappe, die derart an dem Ventilsitz angebracht ist, dass die Klappe mit der Dichtungsfläche in Kontakt ist, wenn sich das Ventil in seiner geschlossenen Position befindet, und derart, dass sich die Klappe während eines Ausatmens von der Dichtungsfläche wegbiegen kann, um der ausgeatmeten Luft zu ermöglichen, durch die Öffnung zu strömen, um schließlich in einen äußeren Gasraum einzutreten, wobei die flexible Klappe mindestens eine erste und eine zweite Schicht aufweist, die nebeneinander liegen, wobei mindestens eine der Schichten steifer als die andere ist oder wobei mindestens eine der Schichten einen größeren Elastizitätsmodul als die andere Schicht besitzt.

2. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, wobei die erste und die zweite Schicht einen ersten bzw. einen zweiten Werkstoff umfassen, die jeweils einen anderen Elastizitätsmodul besitzen.

3. Atemschutzmaske der Ausführungsform 2, wobei die erste Schicht näher als die zweite Schicht an der Dichtungsfläche angeordnet ist, wenn die Klappe gegen die Dichtungsfläche gebracht ist, und wobei die

zweite Schicht einen größeren Elastizitätsmodul als die erste Schicht besitzt.

4. Atemschutzmaske der Ausführungsform 3, wobei die erste Schicht die Dichtungsfläche berührt, wenn die Klappe gegen die Dichtungsfläche gebracht ist.

5. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, wobei das Ausatemungsventil an dem Maskenkörper angebracht ist.

6. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, die eine Unterdruck-Halbmaske ist, die einen fluiddurchlässigen Maskenkörper besitzt, der eine Schicht Filtermaterial enthält.

7. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, wobei das Ausatemungsventil ein klappenartiges Ausatemungsventil ist.

8. Atemschutzmaske der Ausführungsform 7, wobei das klappenartige Ausatemungsventil eine ebene Dichtungsfläche besitzt.

9. Atemschutzmaske der Ausführungsform 8, wobei unter neutralen Bedingungen die flexible Klappe nicht gegen die Dichtungsfläche gepresst ist.

10. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, wobei die flexible Klappe eine dritte Schicht aufweist, die im Wesentlichen die gleiche Steife wie die erste Schicht besitzt.

11. Atemschutzmaske der Ausführungsform 11, wobei die flexible Klappe in Bezug auf die zweite Schicht symmetrisch ist und wobei die zweite Schicht steifer als die erste Schicht und die dritte Schicht ist.

12. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, wobei die zweite Schicht einen Elastizitätsmodul besitzt, der größer als jener der ersten Schicht ist, und wobei die erste Schicht die Dichtungsfläche berührt, wenn die Klappe gegen die Dichtungsfläche gebracht ist.

13. Atemschutzmaske der Ausführungsform 12, wobei der Elastizitätsmodul der ersten Schicht vorzugsweise ungefähr 0,15 bis 10 Megapascal beträgt und wobei der Elastizitätsmodul der zweiten Schicht ungefähr 2 bis $1,1 \times 10^6$ Megapascal beträgt.

14. Atemschutzmaske der Ausführungsform 12, wobei der Elastizitätsmodul der ersten Schicht vorzugsweise ungefähr 1 bis 7 Megapascal beträgt und wobei der Elastizitätsmodul der zweiten Schicht ungefähr 200 bis 11 000 Megapascal beträgt.

15. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, wobei die zweite Schicht steifer als die erste Schicht ist und wobei das Verhältnis der Moduln der ersten Schicht und der zweiten Schicht kleiner als 0,01 ist.

16. Atemschutzmaske der Ausführungsform 3, wobei die flexible Klappe eine Dicke von ungefähr 20 bis 700 μm aufweist.

17. Atemschutzmaske der Ausführungsform 3, wobei die erste Schicht eine Dicke von ungefähr 5 bis 700 μm hat und wobei die zweite Schicht eine Dicke von ungefähr 5 bis 100 μm hat.

18. Atemschutzmaske der Ausführungsform 3, wobei der Druckabfall über dem Ventil bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 85 Litern pro Minute weniger als ungefähr 40 Pascal beträgt, und wobei der Druckabfall über dem Ventil bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 10 Litern pro Minute weniger als 30 Pascal beträgt.

19. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, wobei das Ausatemungsventil eine dritte Schicht auf die Art und Weise enthält, dass die Klappe einen ABA-Aufbau hat, wobei die Schicht B steifer als die Schichten A ist, oder wobei das Ausatemungsventil eine dritte Schicht auf die Art und Weise enthält, dass die Klappe einen ABA'-Aufbau hat, wobei die Schicht B steifer als die Schichten A und A' ist und sich die Schicht A näher als die Schicht B an der Dichtungsfläche befindet, oder wobei das Ausatemungsventil eine dritte Schicht auf die Art und Weise enthält, dass die Klappe einen ABC-Aufbau hat, wobei die Schicht B steifer als die Schichten A ist und sich die Schicht A näher als die Schicht B an der Dichtungsfläche befindet, oder wobei das Ausatemungsventil eine dritte Schicht auf die Art und Weise enthält, dass die Klappe einen ABC-Aufbau hat, wobei die Schicht C steifer als die Schichten A und B ist und sich näher als die Schichten A und B an der Dichtungsfläche befindet.

20. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, wobei sowohl die erste als auch die zweite Schicht polymere Stoffe enthält.

21. Atemschutzmaske der Ausführungsform 3, wobei die erste Schicht einen Kautschuk enthält und wobei die zweite Schicht Polyethylenterephthalat oder Polycarbonat enthält.

22. Atemschutzmaske der Ausführungsform 1, wobei das Ausatemungsventil einen Ventilwirkungsgrad von ungefähr 2 bis 20 $\text{mW} \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^3/\text{min}$ hat.

23. Ausatemungsventil, das aufweist:

(i) einen Ventilsitz, der eine Dichtungsfläche und eine Öffnung, durch welche ein Fluid strömen kann, aufweist; und

(ii) eine flexible Klappe, die derart an dem Ventilsitz angebracht ist, dass die Klappe mit der Dichtungsfläche in Kontakt ist, wenn sich das Ventil in seiner geschlossenen Position befindet, und derart, dass sich die Klappe von der Dichtungsfläche wegbiegen kann, wenn ein Strom ausgeatmeter Luft das Ventil durchquert, wobei die flexible Klappe mindestens eine erste und eine zweite Schicht aufweist, die nebeneinander liegen, wo sich die Klappe beim Öffnen und Schließen biegt, wobei mindestens eine der Schichten steifer als

die andere ist oder wobei mindestens eine der Schichten einen größeren Elastizitätsmodul als die andere besitzt.

24. Ausatemungsventil der Ausführungsform 23, wobei die erste Schicht näher als die zweite Schicht an der Dichtungsfläche angeordnet ist, wenn das Ventil geschlossen ist, und wobei die zweite Schicht steifer als die erste Schicht ist.

25. Ausatemungsventil der Ausführungsform 23, wobei die erste Schicht näher als die zweite Schicht an der Dichtungsfläche angeordnet ist, wenn das Ventil geschlossen ist, und wobei die zweite Schicht einen größeren Elastizitätsmodul als die erste Schicht besitzt.

26. Einatemungsventil, das aufweist:

(i) einen Ventilsitz, der eine Dichtungsfläche und eine Öffnung, durch welche ein Fluid strömen kann, aufweist; und

(ii) eine flexible Klappe, die derart an dem Ventilsitz angebracht ist, dass die Klappe mit der Dichtungsfläche in Kontakt ist, wenn sich das Ventil in seiner geschlossenen Position befindet, und derart, dass sich die Klappe von der Dichtungsfläche wegbiegen kann, wenn ein Einatemluftstrom das Ventil durchquert, wobei die flexible Klappe mindestens eine erste und eine zweite Schicht aufweist, die nebeneinander liegen, wobei mindestens eine der Schichten steifer als die andere ist oder wobei mindestens eine der Schichten einen größeren Elastizitätsmodul als die andere besitzt.

27. Einatemungsventil der Ausführungsform 26, wobei die erste Schicht näher als die zweite Schicht an der Dichtungsfläche angeordnet ist, wenn das Ventil geschlossen ist, und wobei die zweite Schicht steifer als die erste Schicht ist.

28. Einatemungsventil der Ausführungsform 26, wobei die erste Schicht näher als die zweite Schicht an der Dichtungsfläche angeordnet ist, wenn das Ventil geschlossen ist, und wobei die zweite Schicht einen größeren Elastizitätsmodul als die erste Schicht besitzt.

29. Atemschutzmaske, die das Einatemungsventil der Ausführung 26 aufweist.

GLOSSAR

[0014] Die Begriffe, die benutzt werden, um diese Erfindung zu beschreiben, werden die folgenden Bedeutungen haben:

„reine Luft“ hat die Bedeutung eines Volumens Luft oder Sauerstoff, das gefiltert worden ist, um Kontaminationsstoffe zu entfernen, oder das auf eine andere Weise atmungssicher gemacht worden ist;

„geschlossene Position“ bedeutet die Position, in der die flexible Klappe vollständig mit der Dichtungsfläche in Kontakt ist;

„Kontaminationsstoffe“ hat die Bedeutung von Partikeln und/oder anderen Substanzen, die im Allgemeinen nicht als Partikel angesehen werden (z.B. organische Dämpfe usw.), jedoch in Luft suspendiert sein können;

„Ausatemluft“ ist Luft, die von einem Atemschutzmaskenträger ausgeatmet wird;

„Ausatemluftstrom“ hat die Bedeutung des Luftstroms, der während eines Ausatmens durch eine Öffnung eines Ausatemungsventils geht;

„Ausatemungsventil“ hat die Bedeutung eines Ventils, das öffnet, um einem Fluid zu ermöglichen, aus dem inneren Gasraum einer Atemschutzmaske auszutreten;

„äußerer Gasraum“ hat die Bedeutung des umgebenden atmosphärischen Gasraums, in den ausgeatmetes Gas eintritt, nachdem es durch das Ausatemungsventil und aus diesem hinaus gelangt ist;

„Atemschutzmaske“ hat die Bedeutung einer Atemschutzeinrichtung (Halb- und Vollmasken und Hauben eingeschlossen), die mindestens die Nase und den Mund eines Trägers bedeckt und die im Stande ist, einem Träger reine Luft zu liefern;

„flexible Klappe“ hat die Bedeutung eines flächenförmigen Gegenstandes, der sich als Reaktion auf eine Kraft, die von einem sich bewegenden Fluid ausgeübt wird, wobei das sich bewegende Fluid in dem Fall eines Ausatemungsventils ein Ausatemluftstrom wäre und in dem Fall eines Einatemungsventils ein Einatemluftstrom wäre, krümmen oder biegen kann;

„Biegemodul“ bedeutet das Verhältnis von Spannung zu Dehnung für einen Werkstoff, der in einem Biegemodus belastet wird;

„Einatemfilterelement“ hat die Bedeutung einer fluiddurchlässigen Struktur, durch welche die Luft strömt, bevor sie von einem Träger einer Atemschutzmaske eingeatmet wird, so dass Kontaminationsstoffe und/oder Partikel daraus entfernt werden können;

„Einatemluftstrom“ hat die Bedeutung des Luft- oder Sauerstoffstroms, der während eines Einatmens durch eine Öffnung eines Einatemungsventils geht;

„Einatemungsventil“ hat die Bedeutung eines Ventils, das öffnet, um einem Fluid zu ermöglichen, in einen inneren Gasraum einer Atemschutzmaske einzutreten;

„innerer Gasraum“ hat die Bedeutung des Raumes zwischen einem Maskenkörper und dem Gesicht einer Person;

„nebeneinander liegend" bedeutet Seite an Seite, jedoch nicht notwendig in Kontakt miteinander angeordnet;
 „Maskenkörper" hat die Bedeutung einer Struktur, die mindestens über die Nase und den Mund einer Person passen kann und die bei der Definition eines inneren Gasraumes förderlich ist, der von einem äußeren Gasraum getrennt ist;

„Elastizitätsmodul" bedeutet das Verhältnis der Spannung zur Dehnung für den geradlinigen Abschnitt der Spannungs-Dehnungs-Kurve, die durch Anwenden einer Längsbelastung auf eine Versuchsprobe und gleichzeitiges Messen der Belastung und der Verformung durch Benutzen einer Zugfestigkeitsprüfmaschine erzielt wird;

„Modulverhältnis" bedeutet das Verhältnis der Werte der Elastizitätsmoduln für die Werkstoffe, welche die flexible Klappe bilden, als Bruch ausgedrückt, wobei die flexiblere Schicht im Zähler repräsentiert ist. Folglich wäre bei einer bevorzugten Ausführungsform der Wert des Elastizitätsmoduls einer ersten Schicht, die vorzugsweise den Ventilsitz berührt und flexibler ist, der Zähler des Bruches, und der Nenner wäre der Elastizitätsmodul der zweiten, steiferen Schicht, die entweder direkt oder vermittelt weiterer Schichten neben der ersten Schicht liegt;

„Partikel" hat die Bedeutung irgendeiner flüssigen und/oder festen Substanz, die in Luft suspendiert werden kann, beispielsweise Krankheitserreger, Bakterien, Viren, Schleim, Speichelflüssigkeit, Blut usw.;

„Dichtungsfläche" hat die Bedeutung einer Oberfläche, die einen Kontakt mit der flexiblen Klappe herstellt, wenn das Ventil in seiner geschlossenen Position ist;

„steif oder Steife" hat die Bedeutung der Fähigkeit der Schicht, einer Biegung einen Widerstand entgegenzusetzen, wenn sie wie ein Ausleger waagrecht gehalten wird, ohne von anderen Schichten gestützt zu werden, und der Schwerkraft ausgesetzt ist. Eine steifere Schicht biegt sich als Reaktion auf die Schwerkraft nicht so leicht wie eine Schicht, die nicht so steif ist;

„unidirektionales Fluidventil" bedeutet ein Ventil, das einem Fluid ermöglicht, es in einer Richtung, nicht jedoch in der anderen, zu durchströmen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0015] [Fig. 1](#) ist eine Vorderansicht einer Atemschutzmaske **10**, die in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung benutzt werden kann;

[0016] [Fig. 2](#) ist eine Teilschnittdarstellung des Maskenkörpers **12** in [Fig. 1](#);

[0017] [Fig. 3](#) ist eine Querschnittdarstellung eines Ausatemungsventils **14**, längs der Linien 3-3 in [Fig. 1](#);

[0018] [Fig. 4](#) ist eine Vorderansicht eines Ventilsitzes **20**, der in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung benutzt werden kann;

[0019] [Fig. 5](#) ist eine Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform eines Ausatemungsventils **14'**, das an einer Atemschutzmaske gemäß der vorliegenden Erfindung benutzt werden kann;

[0020] [Fig. 6](#) ist eine Perspektivansicht eines Ventildeckels **40**, der benutzt werden kann, um ein Ausatemungsventil zu schützen;

[0021] [Fig. 7](#) ist eine Seitenansicht einer mehrschichtigen flexiblen Klappe **22** gemäß der vorliegenden Erfindung im Teilschnitt;

[0022] [Fig. 8](#) ist eine Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform einer mehrschichtigen flexiblen Klappe **22'** gemäß der vorliegenden Erfindung im Teilschnitt;

[0023] [Fig. 9](#) ist ein Diagramm, das den Druckabfall versus die Strömungsgeschwindigkeit für ein Ventil, das eine mehrschichtige Klappe gemäß der vorliegenden Erfindung benutzt, und für ein bekanntes, im Handel erhältliches Ventil graphisch auswertet.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0024] Mit der Umsetzung der vorliegenden Erfindung wird eine neue Atemschutzmaske geschaffen, die den Tragekomfort verbessern kann und es gleichzeitig wahrscheinlicher werden lässt, dass Benutzer ihre Masken in kontaminierten Umgebungen ständig tragen werden. Die vorliegende Erfindung kann folglich die Sicherheit von Arbeitern verbessern und langfristig gesehen der Gesundheit der Arbeiter u.a., die personengebundene Atemschutzeinrichtungen tragen, zugute kommen.

[0025] [Fig. 1](#) veranschaulicht ein Beispiel einer Atemschutzmaske **10**, die in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung benutzt werden kann. Die Atemschutzmaske **10** weist einen topfförmigen Maskenkörper **12** auf, an den ein Ausatemungsventil **14** angebracht ist. Das Ventil kann mit jeder geeigneten Technik, inbegriffen beispielsweise die in dem US-Patent 6,125,849 an Williams u.a. oder in WO 01/28 634 an Curran u.a. beschriebene Technik, an dem Maskenkörper befestigt werden. Das Ausatemungsventil **14** öffnet als Reaktion auf einen erhöhten Druck im Inneren der Maske **10**, wobei der erhöhte Druck auftritt, wenn ein Träger ausatmet. Vorzugsweise bleibt das Ausatemungsventil **14** zwischen den Atemzügen und während eines Einatmens geschlossen.

[0026] Der Maskenkörper **12** ist so beschaffen, dass er über die Nase und den Mund einer Person in einer Abstandsbeziehung zu dem Gesicht des Trägers passt, so dass ein innerer Gasraum oder Hohlraum zwischen dem Gesicht des Trägers und der Innenfläche des Maskenkörpers geschaffen wird. Der Maskenkörper **12** ist fluiddurchlässig, wobei er typisch mit einer Öffnung (nicht gezeigt) versehen ist, die dort angeordnet ist, wo das Ausatemungsventil **14** an dem Maskenkörper **12** angebracht ist, so dass Ausatemluft durch das Ventil **14** aus dem inneren Gasraum austreten kann, ohne durch den Maskenkörper **12** strömen zu müssen. Der bevorzugte Ort für die Öffnung in dem Maskenkörper **12** ist direkt vor der Stelle, an der sich der Mund des Trägers befinden würde, wenn die Maske getragen wird. Das Anordnen der Öffnung und folglich des Ausatemungsventils **14** an dieser Stelle ermöglicht ein leichteres Öffnen des Ventils als Reaktion auf den Ausatemdruck, der von dem Träger der Maske **10** erzeugt wird. Bei einem Maskenkörper **12** des in dieser [Fig. 1](#) gezeigten Typs ist im Wesentlichen die gesamte exponierte Oberfläche des Maskenkörpers **12** für die Einatemluft fluiddurchlässig.

[0027] An dem Maskenkörper **12** kann ein Nasenbügel **16** vorgesehen sein, der ein biegsames, spannungsloses, weiches Band aus Metall wie etwa Aluminium umfasst, um zu ermöglichen, dass er so geformt wird, dass er die Gesichtsschutzmaske in einer gewünschten Passformbeziehung über der Nase des Trägers hält. Ein Beispiel eines geeigneten Nasenbügels ist in dem US-Patent 5,558,089 und in dem US-Geschmacksmuster 412,573 an Castiglione gezeigt.

[0028] Der Maskenkörper **12** kann eine gewölbte, hemisphärische Form haben, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist (siehe auch das US-Patent 4,807,619 an Dyrud u.a.), oder er könnte, so wie gewünscht, andere Formen annehmen. Beispielsweise kann der Maskenkörper eine topfförmige Maske sein, die einen Aufbau ähnlich der Gesichtsschutzmaske, die in dem US-Patent 4,827,924 an Japuntich offenbart ist, aufweist. Außerdem könnte die Maske die Dreifachkonfiguration haben, die zusammengeklappt sein kann, wenn sie nicht in Gebrauch ist, jedoch in eine topfförmige Konfiguration auseinandergeklappt sein kann, wenn sie getragen wird, siehe das US-Patent 6,123,077 an Bostock u.a. sowie die US-Geschmacksmuster 431,647 an Henderson u.a., 424,688 an Bryant u.a. Die Atemschutzmasken der Erfindung können noch viele weitere Konfigurationen annehmen, wie etwa doppelt zusammengeklappte Masken, die in dem US-Geschmacksmuster 443,927 an Chen offenbart sind. Der Maskenkörper könnte auch fluidundurchlässig sein und Filtereinsätze aufweisen, die an ihm angebracht sind, wie die Maske, die in dem US-Patent 5,062,421 an Burns und Reischel aufgezeigt ist. Außerdem könnte der Maskenkörper im Gegensatz zu den eben beschriebenen Unterdruckmasken auch zur Verwendung mit einem Überdrucklufteinlass ausgelegt sein. Beispiele für Überdruckmasken sind in dem US-Patent 5,924,420 an Grannis u.a. und 4,790,306 an Braun u.a. aufgezeigt. Der Maskenkörper der Atemschutzmaske könnte auch an ein umluftunabhängiges Atemschutzgerät angeschlossen sein, das den Träger mit reiner Luft versorgt, wie beispielsweise in den US-Patenten 5,035,239 und 4,971,052 offenbart ist. Der Maskenkörper kann so gestaltet sein, dass er nicht nur die Nase und den Mund des Trägers bedeckt (als „Halbmaske“ bezeichnet), sondern kann auch die Augen bedecken (als „Vollmaske“ bezeichnet), um sowohl für einen Schutz des Sehvermögens des Trägers als auch des Atmungssystems des Trägers zu sorgen, siehe beispielsweise das US-Patent 5,924,420 an Reischel u.a. Der Maskenkörper kann vom Gesicht des Trägers beabstandet sein, oder er kann sich glatt an diesem oder in unmittelbarer Nähe zu diesem befinden. In jedem Fall hilft die Maske, einen inneren Gasraum zu definieren, in den die Ausatemluft strömt, bevor sie das Maskeninnere durch das Ausatemungsventil verlässt. Außerdem könnte der Maskenkörper eine thermochrome passgenauigkeitsanzeigende Dichtung an seiner Peripherie aufweisen, die dem Träger ermöglicht, sich leicht zu vergewissern, ob ein richtiger Sitz hergestellt worden ist, siehe das US-Patent 5,617,849 an Springett u.a.

[0029] Um die Gesichtsschutzmaske an dem Gesicht des Trägers gut anliegend zu halten, kann der Maskenkörper eine Befestigungseinrichtung aufweisen, etwa Riemen **15**, Schnürbänder oder irgendwelche anderen geeigneten Mittel, die an ihm befestigt sind, um die Maske am Gesicht des Trägers zu halten. Beispiele für Maskenbefestigungseinrichtungen, die geeignet sein könnten, sind in den US-Patenten 5,394,568 und 6,062,221 an Brostrom u.a. sowie in dem US-Patent 5,464,010 an Byram aufgezeigt.

[0030] [Fig. 2](#) zeigt, dass der Maskenkörper **12** mehrere Schichten aufweisen kann, wie etwa eine innere form-

gebende Schicht **17** und eine äußere Filterschicht **18**. Die formgebende Schicht **17** verleiht dem Maskenkörper **12** Gestalt und stellt einen Träger für die Filterschicht **18** zur Verfügung. Die formgebende Schicht **17** kann sich an der Innenseite und/oder Außenseite der Filterschicht **18** (oder an beiden Seiten) befinden, wobei sie beispielsweise aus einem Vliesstoff aus bei Wärmeeinwirkung bindungsfähigen Fasern, die in eine topfförmige Konfiguration geformt werden, hergestellt sein kann, siehe 4,807,619 an Dyrud u.a. und das US-Patent 4,536,440 an Berg. Außerdem kann sie aus einer porösen Schicht oder einem durchbrochenen Netz vom Typ „Fischnetz“ aus elastischem Kunststoff hergestellt sein, wie die formgebende Schicht, die in dem US-Patent 4,850,347 an Skov offenbart ist. Die formgebende Schicht kann entsprechend bekannter Verfahren, wie etwa jenen, die bei Skov oder in dem US-Patent 5,307,796 an Kronzer u.a. beschrieben sind, geformt sein. Obwohl eine formgebende Schicht **17** für den Hauptzweck, nämlich der Maske Gestalt zu verleihen und einen Träger für eine Filterschicht bereitzustellen, ausgelegt ist, könnte sie auch als ein Filter wirksam werden, typisch, um größere Partikel abzufangen. Zusammen werden die Schichten **17** und **18** als Einatemfilterelement wirksam.

[0031] Wenn ein Träger einatmet, wird Luft durch den Maskenkörper gesaugt, und sich in der Luft befindende Partikel werden in den Zwischenräumen zwischen den Fasern, vor allem den Fasern in der Filterschicht **18**, zurückgehalten. Bei der in [Fig. 2](#) gezeigten Maske ist die Filterschicht **18** in den Maskenkörper **12** integriert, d.h. sie bildet einen Teil des Maskenkörpers und ist kein Element, das später an den Maskenkörper angebracht (oder von diesem entfernt) wird, wie etwa ein Filtereinsatz.

[0032] Filtermaterialien, die bei Unterdruck-Halbmasken-Atemschutzeinrichtungen wie der in [Fig. 1](#) gezeigten Maske **10** alltäglich sind, enthalten oftmals eine Faserstoffverwirbelung aus elektrisch geladenen Mikrofasern, insbesondere aus Meltblown-Mikrofasern (Mikroblasfasern). Mikrofasern haben typisch einen durchschnittlichen wirksamen Faserdurchmesser von ungefähr 20 Mikrometern (μm) oder weniger, sind jedoch häufig ungefähr 1 bis ungefähr 15 μm und noch häufiger ungefähr 3 bis 10 μm im Durchmesser. Der wirksame Faserdurchmesser kann wie in Davies, C. N.: The Separation of Airborne Dust and Particles, Institution of Mechanical Engineers, London, Proceedings 1B 1952, beschrieben berechnet werden. Mikroblasfaserstoffe können wie in Wentz, Van A.: Superfine Thermoplastic Fibers, in: Industrial Engineering Chemistry, Bd. 48, S. 1342ff. (1956), oder in dem Bericht Nr. 4364 der Naval Research Laboratories, veröffentlicht am 25. Mai 1954 unter dem Titel: Manufacture of Superfine Organic Fibers, von Wentz, Van A., Boone, C. D. und Fluharty, E. L., beschrieben ist, gebildet werden. Wenn das Verschränken zu einem Stoff auf zufällige Weise erfolgt, können Mikroblasfaserstoffe eine ausreichende Integrität haben, um als Vlies verarbeitet zu werden. Eine elektrische Ladung kann Faserstoffen mit Techniken, wie sie beispielsweise in dem US-Patent 5,496,507 an Angadjivand u.a., dem US-Patent 4,215,682 an Kubik u.a. und dem US-Patent 4,592,815 an Nakao beschrieben sind, verliehen werden.

[0033] Beispiele für Faserstoffe, die als Filter in einem Maskenkörper benutzt werden könnten, sind in dem US-Patent Nr. 5,706,804 an Baumann u.a., dem US-Patent Nr. 4,419,993 an Peterson, dem erneut erteilten US-Patent (Reissue-Patent) Nr. 28,102 an Mayhew, den US-Patenten 5,472,481 und 5,411,576 an Jones u.a. und dem US-Patent 5,908,598 an Rousseau u.a. beschrieben. Die Fasern können Polymere enthalten, wie etwa Polypropylen und/oder Poly-(4-methyl-1-penten) (siehe US-Patente 4,874,399 an Jones u.a. und 6,057,256 an Dyrud u.a.), wobei sie außerdem Fluoratome und/oder andere Zusätze zur Verbesserung der Filterleistung enthalten können, siehe die US-Patentanmeldung 09/109,497 mit dem Titel Fluorinated Electret (veröffentlicht als PCT WO 00/01 737), sowie die US-Patente 5,025,052 und 5,099,026 an Crater u.a., und außerdem zur Verbesserung der Leistung niedrige Gehalte von extrahierbaren Kohlenwasserstoffen aufweisen können, siehe beispielsweise das US-Patent 6,213,122 an Rousseau u.a. Faservliese könnten auch so hergestellt sein, dass sie einen erhöhten Ölnebelwiderstand aufweisen, wie in dem US-Patent 4,874,399 an Reed u.a. und in den US-Patenten 6,238,466 und 6,068,799 an Rousseau beschrieben ist.

[0034] Ein Maskenkörper **12** kann außerdem (nicht gezeigte) innere und/oder äußere Deckvliese enthalten, die die Filterschicht **18** vor Abriebkräften schützen können und die Fasern, die von der Filterschicht **18** und/oder der formgebenden Schicht **17** abgehen könnten, zurückhalten können. Außerdem können die Deckvliese ein Filterungsvermögen haben, obgleich dies typisch nicht annähernd so gut wie das der Filterschicht **18** ist, und/oder können dazu dienen, das Tragen der Maske angenehmer zu machen. Die Deckvliese können aus Faservliesstoffen wie etwa Spinnvliesen, die beispielsweise Polyolefine und Polyester enthalten (siehe beispielsweise die US-Patente 6,041,782 an Angadjivand u.a., 4,807,619 an Dyrud u.a. und 4,536,440 an Berg), hergestellt sein.

[0035] [Fig. 3](#) zeigt, dass die flexible Klappe **22** auf einer Dichtungsfläche **24** aufliegt, wenn die Klappe geschlossen ist, wobei sie außerdem an einer Klappenhaltefläche **25** in der Art eines Auslegers in Richtung des Ventilsitzes **20** gehalten wird. Die Klappe **22** hebt an ihrem freien Ende **26** von der Dichtungsfläche **24** ab, wenn

während eines Ausatmens in dem inneren Gasraum ein maßgeblicher Druck erreicht ist. Die Dichtungsfläche **24** kann so beschaffen sein, dass sie sich in der Längsabmessung im Allgemeinen zu einem konkaven Querschnitt wölbt, wenn sie im Seitenriss betrachtet wird, wobei sie in Bezug auf eine Klappenhaltefläche **25** nicht ausgerichtet und relativ positioniert sein kann, um zu ermöglichen, dass die Klappe unter neutralen Bedingungen, d.h. wenn ein Träger weder gerade einatmet, noch ausatmet, in Richtung der Dichtungsfläche vorbelastet oder gepresst ist. Die Dichtungsfläche **24** kann sich am äußersten Ende eines Dichtungsrückens **27** befinden. Außerdem kann die Klappe eine querlaufende Wölbung aufweisen, die ihr wie in dem US-Patent 5,687,767, erneut erteilt als Reissue-Patent an Bowers, beschrieben verliehen ist.

[0036] Wenn ein Träger einer Atemschutzmaske **10** ausatmet, strömt die Ausatemluft gewöhnlich sowohl durch den Maskenkörper als auch durch das Ausatemungsventil **14**. Der beste Komfort wird erzielt, wenn der höchste prozentuale Anteil an der Ausatemluft durch das Ausatemungsventil **14** statt zu den Filtermedien und/oder formgebenden und Deckschichten in dem Maskenkörper strömt. Die Ausatemluft wird durch eine Öffnung **28** in dem Ventil **14** aus dem inneren Gasraum ausgestoßen, wobei die ausgeatmete Luft die flexible Klappe **22** von der Dichtungsfläche **24** emporgehoben hat. Die Umfangs- oder periphere Kante der Klappe **22**, die mit einem ortsfesten oder unbeweglichen Abschnitt **30** der Klappe **22** verbunden ist, bleibt während eines Ausatmens im Wesentlichen stationär, während die frei bleibende Umfangskante der flexiblen Klappe **22** während eines Ausatmens von dem Ventilsitz **20** abhebt.

[0037] Die flexible Klappe **22** ist an dem unbeweglichen Abschnitt **30** in Richtung des Ventilsitzes **20** an der Klappenhaltefläche **25** befestigt, wobei die Fläche **25** außenzentrisch in Bezug auf die Öffnung **28** angeordnet ist und Stifte **32** aufweisen kann, die das Anbringen und Positionieren der Klappe **22** an dem Ventilsitz **20** unterstützen. Die flexible Klappe **22** kann durch Schallschweißen, mit einem Klebstoff, durch mechanisches Klemmen und dergleichen an der Fläche **25** befestigt sein. Außerdem weist der Ventilsitz **20** einen Flansch **33** auf, der sich in seitlicher Richtung von dem Ventilsitz **20** weg an dessen Basis erstreckt, um eine Fläche zur Verfügung zu stellen, die das Befestigen des Ausatemungsventils **14** an dem Maskenkörper **12** ermöglicht.

[0038] [Fig. 3](#) zeigt die flexible Klappe **22** in einer geschlossenen Position auf der Dichtungsfläche **24** aufliegend und in einer offenen Position mittels der punktierten Linien **22a**. Ein Fluid strömt in der allgemeinen Richtung, die durch den Pfeil **34** angegeben ist, durch das Ventil **14**. Wenn das Ventil **14** an einer Atemschutzmaske benutzt werden würde, um die ausgeatmete Luft aus dem Maskeninneren abzuführen, würde der Fluidstrom **34** einen Ausatemluftstrom darstellen. Wenn das Ventil **14** als ein Einatemungsventil benutzt werden würde, würde der Luftstrom **34** einen Einatemluftstrom darstellen. Das Fluid, das durch die Öffnung **28** strömt, übt einen Druck auf die flexible Klappe **22** aus, was zur Folge hat, dass das freie Ende **26** der Klappe **22** von der Dichtungsfläche **24** emporgehoben wird, wodurch das Ventil **14** geöffnet wird. Wenn das Ventil **14** als Ausatemungsventil benutzt wird, ist es vorzugsweise auf der Gesichtsschutzmaske **10** so orientiert, dass sich das freie Ende **26** der flexiblen Klappe **24** unter dem befestigten Ende befindet, wenn die Maske **10**, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, aufrecht positioniert ist. Dies ermöglicht, die Ausatemluft nach unten abzulenken, um zu verhindern, dass sich Feuchtigkeit an den Augengläsern des Trägers niederschlägt.

[0039] [Fig. 4](#) zeigt den Ventilsitz **20** als eine Vorderansicht, ohne eine an ihn angebrachte Klappe. Die Ventilöffnung **28** ist radial einwärts der Dichtungsfläche **24** angeordnet und kann Querstücke **35** aufweisen, die die Dichtungsfläche **24** und letztendlich das Ventil **14** stabilisieren. Außerdem können die Querstücke **35** verhindern, dass sich die Klappe **22** ([Fig. 3](#)) während eines Einatmens in die Öffnung **28** hinein umkehrt. Eine Feuchtigkeitsansammlung an den Querstücken **35** kann das Öffnen der Klappe **22** behindern. Deshalb sind die Oberflächen der Querstücke **35**, die der Klappe zugewandt sind, vorzugsweise unterhalb der Dichtungsfläche **24**, bei Betrachtung im Seitenriss, geringfügig ausgespart, damit die Ventilöffnung nicht behindert wird.

[0040] Die Dichtungsfläche **24** umschreibt oder umgibt die Öffnung **28**, um den unerwünschten Durchgang von Kontaminationsstoffen durch diese zu verhindern. Die Dichtungsfläche **24** und die Ventilöffnung **28** können von vorn betrachtet im Wesentlichen jede Form annehmen. Beispielsweise können die Dichtungsfläche **24** und die Öffnung **28** quadratisch, rechteckig, kreisförmig, elliptisch usw. sein. Die Form der Dichtungsfläche **24** braucht nicht mit der Form der Öffnung **28** übereinstimmen oder umgekehrt. Beispielsweise kann die Öffnung **28** kreisförmig sein, und die Dichtungsfläche **24** kann rechteckig sein. Jedoch haben die Dichtungsfläche **24** und die Öffnung **28** bei Betrachtung gegen die Richtung des Fluidstroms vorzugsweise einen kreisförmigen Querschnitt.

[0041] Der Ventilsitz **20** ist vorzugsweise aus einem verhältnismäßig leichten Kunststoff hergestellt, der zu einem integrierten einteiligen Körper geformt ist. Der Ventilsitz **20** kann mittels Spritzgussverfahren hergestellt werden. Die Dichtungsfläche **24**, die einen Kontakt mit der flexiblen Klappe **22** herstellt, ist vorzugsweise so

gestaltet, dass sie im Wesentlichen gleichmäßig glatt ist, um sicherzustellen, dass ein gutes Abdichten erfolgt, wobei sie sich auf einem Dichtungsrücken befinden kann. Die Kontaktfläche **24** hat vorzugsweise eine Breite, die groß genug ist, um eine Dichtung mit der flexiblen Klappe **22** zu bilden, sie ist jedoch nicht so breit, dass es Adhäsionskräften, die durch niedergeschlagene Feuchtigkeit verursacht sind, möglich ist zu bewirken, dass sich die flexible Klappe **22** wesentlich schwerer öffnen lässt. Die Breite der Dichtungs- oder Kontaktfläche ist vorzugsweise mindestens 0,2 mm und vorzugsweise ungefähr 0,25 mm bis 0,5 mm. Das Ventil **14** und sein Ventilsitz **20**, wie in [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt, sind in den US-Patenten 5,509,436 und 5,325,892 an Japuntich u.a. ausführlicher beschrieben.

[0042] [Fig. 5](#) zeigt eine weitere Ausführungsform eines Ausatemventils **14'**. Anders als die in [Fig. 3](#) gezeigte Ausführungsform weist dieses Ausatemventil bei Betrachtung im Seitenriss eine ebene Dichtungsfläche **24'** auf, die mit der Klappenhaltefläche **25'** fluchtet. Die in [Fig. 5](#) gezeigte Klappe wird folglich nicht durch irgendeine mechanische Kraft oder Eigenspannung, die an der flexiblen Klappe **22** wirkt, in Richtung der Dichtungsfläche **24'** oder gegen diese gepresst. Da die Klappe **22** unter neutralen Bedingungen (d.h. wenn kein Fluid durch das Ventil strömt oder die Klappe nicht anderweitig äußeren Kräften ausgesetzt ist) nicht in Richtung der Dichtungsfläche **24'** vorbelastet ist, kann die Klappe **22** während eines Ausatmens leichter öffnen. Wenn eine mehrschichtige flexible Klappe gemäß der vorliegenden Erfindung benutzt wird, ist es nicht erforderlich, die Klappe vorbelastet oder in Kontakt mit der Dichtungsfläche **24'** gezwungen zu haben, obgleich ein solcher Aufbau in einigen Fällen erwünscht sein könnte. Die Verwendung einer steiferen Schicht in der flexiblen Klappe kann die gesamte Klappe versteifen, so dass sie unter der Wirkung der Schwerkraft nicht signifikant von der Dichtungsfläche **24'** herabhängt. Das in [Fig. 5](#) gezeigte Ausatemventil **14'** kann folglich so gestaltet sein, dass die Klappe **22** bei jeder Orientierung, auch dann, wenn ein Träger seinen Kopf nach unten, in Richtung des Bodens neigt, einen guten Kontakt mit der Dichtungsfläche herstellt, ohne dass die Klappe in Richtung der Dichtungsfläche vorbelastet (oder im Wesentlichen vorbelastet) ist. Folglich kann eine mehrschichtige Klappe der vorliegenden Erfindung bei jeder Orientierung des Ventils bei einer sehr kleinen oder bei keiner Vorspannung oder Vorbelastung in Richtung der Dichtungsfläche des Ventilsitzes einen Kontakt vom hermetischen Typ mit der Dichtungsfläche **24'** herstellen. Das Fehlen einer signifikanten, im Voraus definierten Spannung oder Kraft auf die Klappe, um sicherzustellen, dass sie während des Ventilschließens unter neutralen Bedingungen gegen die Dichtungsfläche gepresst wird, kann ermöglichen, dass sich die Klappe während eines Ausatmens leichter öffnet, und kann folglich die Kraft, die erforderlich ist, um beim Atmen das Ventil zu betätigen, herabsetzen.

[0043] [Fig. 6](#) zeigt einen Ventildeckel **40**, der zur Verwendung in Verbindung mit den Ausatemventilen, die in den weiteren Figuren gezeigt sind, geeignet sein kann. Der Ventildeckel **40** definiert eine innere Kammer, in die hinein sich die flexible Klappe aus ihrer Geschlossenen Position in ihre offene Position bewegen kann. Der Ventildeckel **40** kann die flexible Klappe vor Schaden bewahren und mitwirken, die ausgeatmete Luft nach unten, von den Augengläsern eines Trägers weg zu leiten. Wie gezeigt ist, kann der Ventildeckel **40** mehrere Öffnungen **42** haben, die ein Entweichen der ausgeatmeten Luft aus der inneren Kammer, die durch den Ventildeckel definiert ist, ermöglichen. Luft, die aus der inneren Kammer durch die Öffnungen **42** ausströmt, gelangt in den äußeren Gasraum, nach unten weg von den Augengläsern eines Trägers.

[0044] Obwohl die vorliegende Erfindung mit Bezug auf ein klappenartiges Ausatemventil beschrieben worden ist, ist sie genauso zur Verwendung mit anderen Arten von Ventilen, wie etwa den knopfartigen Ventilen, die weiter oben im Zusammenhang mit dem Stand der Technik erörtert worden sind, geeignet. Außerdem ist die vorliegende Erfindung ebenfalls zur Verwendung in Verbindung mit einem Einatemventil geeignet. Wie ein Ausatemventil ist auch ein Einatemventil ein unidirektionales Fluidventil, das für einen Fluidtransport zwischen einem äußeren Gasraum und einem inneren Gasraum sorgt. Im Unterschied zu einem Ausatemventil ermöglicht jedoch ein Einatemventil, dass Luft in das Innere eines Maskenkörpers einströmt. Ein Einatemventil ermöglicht folglich, dass sich während eines Einatmens Luft aus einem äußeren Gasraum in den inneren Gasraum bewegt.

[0045] Einatemventile werden häufig in Verbindung mit Atemschutzmasken benutzt, die daran befestigte Filtereinsätze aufweisen. Das Ventil könnte entweder an dem Filtereinsatz oder an dem Maskenkörper befestigt sein. Auf jeden Fall ist das Einatemventil vorzugsweise in dem Einatemluftstrom stromabwärts der Stelle angeordnet, an der die Luft gefiltert oder auf eine andere Weise atmungssicher gemacht worden ist. Beispiele für im Handel erhältliche Masken, die Einatemventile enthalten, sind die von der Firma 3 M verkauften Atemschutzmasken der Serien 5000TM und 6000TM. Patentierte Beispiele für Atemschutzmasken, die ein Einatemventil benutzen, sind in dem US-Patent 5,062,421 an Burns and Reischel, in dem US-Patent 6,216,693 an Rekow u.a. und in dem US-Patent 5,924,420 an Reischel u.a. offenbart (siehe auch die US-Patente 6,158,429, 6,055,983 und 5,579,761). Obgleich das Einatemventil beispielsweise die Form eines

knopfartigen Ventils annehmen kann, könnte es alternativ auch ein klappenartiges Ventil sein, wie etwa das in [Fig. 1](#), [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigte Ventil. Um das in diesen Figuren gezeigte Ventil als Einatmungsventil zu benutzen, braucht es lediglich in umgekehrter Weise an den Maskenkörper angebracht zu werden, so dass die flexible Klappe **22** während eines Einatmens statt während eines Ausatmens von der Dichtungsfläche **24** oder **24'** abhebt. Folglich würde die Klappe **22** beim Ausatmen statt beim Einatmen gegen die Dichtungsfläche **24**, **24'** gepresst werden. Ein Einatmungsventil der vorliegenden Erfindung könnte in gleicher Weise den Komfort des Trägers verbessern, dadurch dass die Kraft, die erforderlich ist, um beim Atmen das Einatmungsventil zu betätigen, vermindert wird.

[0046] Wie weiter oben erörtert worden ist, umfasst eine flexible Klappe, die zur Verwendung in einem Fluidventil der Erfindung ausgelegt ist, eine dünne Lage, die für eine Anbringung an einen Ventilsitz eines Fluidventils gestaltet und hergerichtet ist. Die flexible Klappe kann sich als Reaktion auf eine Kraft von dem sich bewegenden Gasstrom dynamisch biegen und kann leicht wieder in ihre ursprüngliche Position zurückkehren, wenn die Kraft aufgehoben ist. Die dünne Lage umfasst mindestens eine erste und eine zweite Schicht, die nebeneinander liegen, wobei mindestens eine der Schichten steifer als die andere ist oder einen größeren Elastizitätsmodul als die andere besitzt.

[0047] [Fig. 7](#) zeigt eine flexible Klappe **22**, die mit Ventilen und Gesichtsschutzmasken gemäß der vorliegenden Erfindung benutzt werden kann, in einem vergrößerten Querschnitt, so dass die mehrschichtige Klappenkonstruktion zu sehen ist. Wie gezeigt ist, weist die Klappe **22** eine erste Schicht **44** bzw. eine zweite Schicht **46** auf, die nebeneinander liegen. Die Schichten **44** und **46** sind vorzugsweise fest miteinander verbunden, um für einen Scherwiderstand zwischen den Schichten zu sorgen, jedoch brauchen die einzelnen Schichten nicht an ihrer Grenzfläche miteinander verbunden zu sein, d.h. die Schichten können gegeneinander gleiten, wie beispielsweise bei einer Blattfeder. Die Schichten **44** und **46** können aus Werkstoffen gebildet sein, die sich über den Stellbewegungsbereich der flexiblen Klappe elastisch verformen. Bei einer Befestigung an dem Ventil ist die erste Schicht **44** vorzugsweise an der Seite der Klappe **22** angeordnet, die der Dichtungsfläche (**24**, **24'**, [Fig. 1](#), [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#)) des Ventilsitzes zugewandt ist, wenn das Ventil in seiner geschlossenen Position ist. Die zweite Schicht **46** der Klappe ist vorzugsweise von der Dichtungsfläche weg (in Bezug auf die erste Schicht), in Richtung der Innenfläche des oberen Endes des Ventildeckels ([Fig. 6](#)) angeordnet. Die erste Schicht **44** und die zweite Schicht **46** sind vorzugsweise aus Werkstoffen aufgebaut, die unterschiedliche Elastizitätsmoduln besitzen.

[0048] [Fig. 8](#) zeigt eine weitere Ausführungsform einer flexiblen Klappe **22'**, die einen mehrschichtigen Aufbau gemäß der vorliegenden Erfindung aufweist. In dieser Ausführungsform hat die flexible Klappe eine erste, zweite und dritte Schicht, **44**, **46** bzw. **44'**. Die erste Schicht **44** und die dritte Schicht **44'** können die gleiche oder eine sehr ähnliche Steife und/oder den gleichen oder einen sehr ähnlichen Elastizitätsmodul aufweisen, während sich die zweite Schicht in Steife und/oder Elastizitätsmodul von der ersten und der dritten Schicht wie oben beschrieben unterscheidet. Dieser mehrschichtige Aufbau kann folglich Symmetrie oder im Wesentlichen Symmetrie in Bezug auf die zweite, mittige Schicht **46** zeigen. Eine symmetrische oder im Wesentlichen symmetrische Klappe kann bevorzugt sein, da die Symmetrie verhindern kann, dass sich die Klappe umbiegt oder eine Neigung zum Umbiegen hat.

[0049] Der Elastizitätsmodul kann für die Konstruktion einer flexiblen Klappe gemäß der Erfindung wichtig sein. Wie weiter oben angedeutet wurde, ist der „Elastizitätsmodul“ das Verhältnis von Spannung zu Dehnung für den geradlinigen Abschnitt der Spannungs-Dehnungs-Kurve, die durch Anwenden einer Längsbeanspruchung auf eine Versuchsprobe und gleichzeitiges Messen der Beanspruchung und der Verformung erhalten wird. Typisch wird eine Versuchsprobe entweder schrittweise oder kontinuierlich in nur einer Achsrichtung beansprucht, und die Beanspruchung und die Dehnung werden entweder inkrementell oder kontinuierlich gemessen. Der Elastizitätsmodul der bei der Erfindung benutzten Werkstoffe kann mit einem standardisierten ASTM- (American Society for Testing and Materials) Prüfverfahren erhalten werden. Die ASTM-Prüfverfahren, die für die Bestimmung des Elastizitätsmoduls benutzt werden, sind durch den Typ oder die Klasse des Werkstoffs definiert, der unter Normalbedingungen zu analysieren ist. Eine allgemeine Prüfung von Strukturwerkstoffen wird durch ASTM E111-97 abgedeckt und kann für Strukturwerkstoffe benutzt werden, bei denen ein Kriechen im Vergleich zu der Dehnung, die direkt auf die Beanspruchung hin erzeugt wird, und zu dem Elastizitätsverhalten vernachlässigbar ist. Das Standardprüfverfahren zur Bestimmung von Zugeigenschaften von Kunststoffen ist in ASTM D638-01 beschrieben; es kann benutzt werden, wenn nicht verstärkte oder verstärkte Kunststoffe zu beurteilen sind. Wenn ein warmausgehärtetes Vulkanisat oder ein thermoplastisches Elastomer zur Verwendung bei der Erfindung ausgewählt ist, dann kann das Standardprüfverfahren ASTM D412-98a, das Prozeduren abdeckt, die benutzt werden, um die Zugfestigkeitseigenschaften dieser Werkstoffe zu beurteilen, angewendet werden. Wenn ein Glas- oder Glaskeramik-Werkstoff in einer Schicht der Klappe der Erfindung

benutzt wird, dann kann das Standardprüfverfahren ASTM C623-92 angewendet werden.

[0050] Der Biegemodul ist eine weitere Eigenschaft, die benutzt werden kann, um den Werkstoff, der in den Schichten der flexiblen Klappe verwendet wird, zu definieren. Die Modulverhältnisse für den Biegemodul wären den Modulverhältnissen für den Elastizitätsmodul ähnlich und vorzugsweise diesen gleich. Bei Kunststoffen kann der Biegemodul gemäß dem standardisierten Prüfverfahren ASTM D747-99 bestimmt werden.

[0051] Es gilt zu beachten, dass Modulwerte spezifische Werkstoffeigenschaften vermitteln und nicht präzise vergleichbare Eigenschaften einer Zusammensetzung. Dies trifft vor allem dann zu, wenn in den verschiedenen Schichten verschiedenartige Werkstoffklassen zur Anwendung gelangen. Wenn dies vorkommt, ist der Wert des Moduls für jede Schicht wichtig, selbst wenn die Prüfverfahren nicht direkt vergleichbar sein sollten. Wenn Werkstoffe derselben Klasse in jeder Klappenschicht benutzt werden, dann kann möglicherweise ein gemeinsames Prüfverfahren verwendet werden, um den Modul der Werkstoffe abzuschätzen. Und wenn verschiedene Klassen von Werkstoffen in einer einzigen Schicht verwendet werden, dann wird der Fachmann die Prüfung auswählen, die für die Werkstoffkombination am zutreffendsten ist. Beispielsweise wird, wenn eine Klappenschicht ein Keramikpulver in einem Polymer enthält, die ASTM-Prüfung für Kunststoffe wahrscheinlich das besser geeignete Prüfverfahren sein, wenn der Kunststoffanteil die zusammenhängende Phase in der Schicht ist.

[0052] Wenn Eigenschaften wie etwa die Steife, der Elastizitätsmodul und der Biegemodul abgeschätzt werden, wird es im Allgemeinen nicht möglich sein, diese Parameter für jede Klappenschicht abzuschätzen, während sie in der Klappe ist. Zur Auswertung wird die Zusammensetzung jeder Schicht ermittelt und auf Steife und Modul geprüft werden müssen. Die relative Steife jeder Schicht kann durch Reproduzieren einer Werkstoffschicht und horizontales Halten dieser an einem Ende erhalten werden. Eine weitere Werkstoffschicht gleicher Größe und gleichen Aufbaus wird auf die gleiche Weise gehalten. Der Betrag der Biegung jeder Schicht wird gemessen. Zur Abschätzung eines Moduls wird ein geeignetes Prüfverfahren ausgewählt, wobei das Prüfverfahren ermöglicht, das Spannungs-Dehnungs-Verhältnis für den geradlinigen Abschnitt der Spannungs-Dehnungs-Kurve zu bestimmen.

[0053] Die zweite Schicht **46** der flexiblen Klappe **46** ist vorzugsweise aus einem Werkstoff hergestellt, der einen Elastizitätsmodul besitzt, der größer als der Elastizitätsmodul der ersten Schicht ist. Der Elastizitätsmodul der ersten Schicht **44** beträgt vorzugsweise ungefähr 0,15 bis 10 Megapascal (MPa), stärker bevorzugt 1 bis 7 MPa und noch stärker bevorzugt 2 bis 5 MPa. Der Elastizitätsmodul der zweiten Schicht beträgt vorzugsweise ungefähr 2 bis $1,1 \times 10^6$ MPa, stärker bevorzugt ungefähr 200 bis 11 000 MPa und noch stärker bevorzugt ungefähr 300 bis 5000 MPa. Das Modulverhältnis zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht ist vorzugsweise kleiner als eins, stärker bevorzugt kleiner als 0,01 und noch stärker bevorzugt kleiner als 0,001. Werte für das Modulverhältnis, das für Anwendungen der Erfindung brauchbar ist, können so klein wie 0,000 000 1 sein.

[0054] Ungeachtet der Anzahl der Werkstoffschichten in dem Aufbau kann die Gesamtdicke der flexiblen Klappe typisch ungefähr 10 bis 2000 Mikrometer (μm), vorzugsweise 20 bis 700 μm und stärker bevorzugt ungefähr 25 bis 600 μm betragen. Die erste Schicht, welche die flexiblere Schicht und vorzugsweise weichere Schicht ist, hat typisch eine Dicke von ungefähr 5 bis 700 μm , vorzugsweise ungefähr 10 bis 600 μm und stärker bevorzugt ungefähr 12 bis 500 μm . Die zweite, steifere Schicht hat typisch eine Dicke von ungefähr 5 bis 100 μm , vorzugsweise ungefähr 10 bis 85 μm und stärker bevorzugt ungefähr 15 bis 75 μm . Die zweite, steifere oder einen höheren Modul aufweisende Schicht ist im Allgemeinen derart aufgebaut, dass die dünner als eine erste Schicht ist, die flexibler ist und einen niedrigeren Modul aufweist. Die erste Schicht braucht im Allgemeinen nur dick genug zu sein, um für eine ausreichende Abdichtung zur Dichtungsfläche hin zu sorgen.

[0055] Wenn sie an einen Ventilsitz angebracht ist, kann eine mehrschichtige flexible Klappe ein unidirektionales Fluidventil mit einem niedrigeren Druckabfall schaffen. Der Druckabfall kann gemäß der weiter unten dargestellten Druckabfallprüfung bestimmt werden. Der Druckabfall über dem Ventil bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 85 Litern pro Minute (l/min) kann geringer als ungefähr 50 Pascal (Pa), geringer als 40 Pa und noch geringer als 30 Pa sein. Bei Strömungsgeschwindigkeiten von 10 l/min können mehrschichtige flexible Klappen dem unidirektionalen Fluidventil ermöglichen, einen Druckabfall von weniger als 30 Pa, vorzugsweise weniger als 25 Pa und stärker bevorzugt weniger als 20 Pa zu haben. Mit mehrschichtigen flexiblen Klappen gemäß der vorliegenden Erfindung können bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 10 l/min und 85 l/min Druckabfälle von ungefähr 5 bis 50 Pa erhältlich sein. In einer bevorzugten Ausführungsform kann der Druckabfall bei Strömungsgeschwindigkeiten von 10 l/min bis 85 l/min geringer als 25 Pa sein. Wenn ein glatter Ventilsitz wie in [Fig. 5](#) gezeigt verwendet wird, kann der Druckabfall bei Strömungsgeschwindigkeiten von 10 l/min noch ge-

ringer als 5 Pa sein.

[0056] Die in [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) gezeigte flexible Klappe repräsentiert Klappen, die einen AB-, ABA- oder ABA'-Aufbau haben. Klappen, die bei der vorliegenden Erfindung Anwendung finden, könnten auch einen ABC-Aufbau haben, wobei B die Schicht ist, die steifer ist und einen größeren Elastizitätsmodul aufweist. Obwohl eine Widerstandsfähigkeit gegen ein Umbiegen bzw. Einrollen am besten erzielt werden kann, wenn die flexible Klappe um die steifere Schicht B symmetrisch ist, wie bei einem ABA-Aufbau, könnte in einigen Fällen vorzuziehen sein, eine flexible Klappe zu verwenden, die einen ABC-Aufbau aufweist, wobei die Schicht B steifer ist und einen größeren Elastizitätsmodul als die Schichten A und C aufweist. Auf Wunsch kann jedoch die Schicht C steifer als die Schicht B sein und folglich die steifste der drei Schichten sein, wobei sie einen Werkstoff umfassen kann, der ein Elastizitätsmodul besitzt, der größer als jener der beiden Schichten A und B ist. Die Schichten A und C können aus verschiedenen Werkstoffen hergestellt sein und einen jeweils verschiedenen Elastizitätsmodul besitzen. Beispielsweise kann die Schicht A einen größeren Elastizitätsmodul als die Schicht C besitzen oder umgekehrt. Mehrschichtige Klappen könnten, wenn es machbar ist, mehr als 3, 4 oder 5 und bis zu 10, 20 oder 100 Schichten aufweisen. Mehrschichtige Klappen, die etwa eintausend Schichten ABABAB ... AB, ABA' ... BABA'BABA' oder ABC ... ABCABC aufweisen, könnten ebenfalls in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung verwendbar sein.

[0057] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Schicht, die weicher, flexibler (weniger steif) ist und vorzugsweise den niedrigsten Elastizitätsmodul besitzt, an dem Abschnitt der flexiblen Klappe angeordnet, der einen Kontakt mit der Dichtungsfläche des Ventilsitzes herstellt. Die Erfinder stellten fest, dass die Verwendung einer flexibleren Schicht und vorzugsweise einer Schicht, die einen niedrigeren Elastizitätsmodul besitzt, das Auftreten einer besseren Abdichtung zwischen der flexiblen Klappe und der Dichtungsfläche unter neutralen Bedingungen, d.h. wenn ein Träger weder gerade einatmet noch gerade ausatmet, ermöglichen kann. Deshalb wird bevorzugt, dass die erste Schicht der flexiblen Klappe nicht nur an der Seite der flexiblen Klappe angeordnet ist, die der Dichtungsfläche zugewandt ist, sondern dass die erste Schicht die Dichtungsfläche direkt berührt, wenn die Klappe in der geschlossenen Position ist.

[0058] Zusätzlich zu den Hauptschichten der flexiblen Klappe, nämlich den Schichten AB, ABA, ABA' oder ABC kann es weitere Schichten geben, die zwischen diesen Schichten gemäß der vorliegenden Erfindung angeordnet sind. Beispielsweise können Haftvermittlerschichten oder Schichten, die helfen, die verschiedenen Schichten aneinander haften zu lassen, zwischen den Schichten vorhanden sein. Außerdem können auf die äußeren Schichten Schutzschichten aufgebracht sein, um Probleme der Feuchtigkeit oder Verwitterung anzugehen. Obwohl zu bevorzugen ist, dass die weichere, flexiblere Schicht in Kontakt mit der Dichtungsfläche ist, wobei diese Schicht den kleineren Elastizitätsmodul besitzen kann, kann es folglich weitere Schichten geben, wie etwa die dünnen oder dünneren Schichten, wie oben beschrieben, die zwischen der ersten Schicht und der Dichtungsfläche angeordnet sein können, wenn die Klappe an ihr anliegt. Das Vorhandensein solcher Schichten kann jedoch für die Gesamtfunktion der Klappe mehr oder weniger nebensächlich sein. Im Allgemeinen wären solche zusätzlichen Schichten nicht so dick wie die Schichten A, A', B und C, wobei sie typisch wesentlich dünner sind, beispielsweise 80% bis 99,9% dünner als die Hauptschichten A, A', B, und C.

[0059] Es wird die Meinung vertreten, dass zurzeit das Ausatemungsventil, das in den US-Patenten 5,325,892 und 5,509,436 an Japuntich u.a. beschrieben ist, ein im Handel erhältliches Ausatemungsventil mit überlegenen Leistungsparametern zur Verwendung an einer Atemschutzmaske ist. Ventile der vorliegenden Erfindung können jedoch im Stande sein, die Leistungskriterien für die Leckrate, den Ventilöffnungsdruckabfall und den Druckabfall über dem Ventil bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten zu übertreffen. Diese Parameter können mit der Dichtheitsprüfung und der Druckabfallprüfung wie weiter unten beschrieben gemessen werden.

[0060] Die Leckrate ist ein Parameter, der die Fähigkeit des Ventils, unter neutralen Bedingungen geschlossen zu bleiben, angibt. Die Dichtheitsprüfung ist weiter unten ausführlich beschrieben, im Allgemeinen misst sie jedoch die Menge an Luft, die bei einem Luftdruckunterschied von 249 Pa (1 Zoll Wassersäule) durch das Ventil strömen kann. Die Leckraten sind im Bereich von 0 bis 30 Kubikzentimetern pro Minute (cm^3/min) bei einem Druck von 249 Pa, wobei niedrigere Zahlen eine bessere Abdichtung anzeigen. Bei Verwendung einer Atemschutzmaske der vorliegenden Erfindung können Leckraten, die gleich $30 \text{ cm}^3/\text{min}$ oder niedriger sind, gemäß der vorliegenden Erfindung erzielt werden. Vorzugsweise können Leckraten von weniger als $10 \text{ cm}^3/\text{min}$, stärker bevorzugt auch von weniger als $5 \text{ cm}^3/\text{min}$ erzielt werden. Ausatemungsventile, die gemäß der vorliegenden Erfindung gestaltet sind, zeigen eine Leckrate im Bereich von ungefähr 1 bis $10 \text{ cm}^3/\text{min}$.

[0061] Der Ventilöffnungsdruckabfall ist ein Maß für den Widerstand gegen das anfängliche Abheben der Klappe von der Dichtungsfläche des Ventils. Dieser Parameter kann wie weiter unten zu der Druckabfallprü-

fung beschrieben bestimmt werden. Typisch ist der Ventilöffnungsdruckabfall bei 10 l/min niedriger als 30 Pa, vorzugsweise niedriger als 25 Pa und insbesondere niedriger als 20 Pa, wenn ein Ventil gemäß der weiter unten beschriebenen Druckabfallprüfung geprüft wird. Typisch ist der Ventilöffnungsdruckabfall ungefähr 5 bis 30 Pa bei 10 l/min, wenn ein Ventil gemäß der weiter unten beschriebenen Druckabfallprüfung geprüft wird.

[0062] Beispiele für Werkstoffe, aus denen die erste Schicht der flexiblen Klappe hergestellt sein kann, schließen jene ein, die eine gute Abdichtung zwischen der flexiblen Klappe und dem Ventilsitz begünstigen. Diese Werkstoffe können allgemein sowohl wärmehärtbare als auch thermoplastische Elastomere und thermoplastische Kunststoffe/Plastomere umfassen.

[0063] Elastomere, die entweder thermoplastische Elastomere oder vernetzte Kautschuke sein können, können Kautschukstoffe wie etwa Polyisopren, Poly(styrolbutadien)-Kautschuk, Polybutadien, Butylkautschuk, Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk, Ethylen-Propylen-Kautschuk, Nitrilkautschuk, Polychloroprenkautschuk, Chlor-Polyethylenkautschuk, chloresulfonierten Polyethylenkautschuk, Polyacrylat-Elastomer, Ethylen-Acrylkautschuk, Fluor enthaltende Elastomere, Siliconkautschuk, Polyurethan, Epichlorhydrin-Kautschuk, Propylenoxid-Kautschuk, Polysulfidkautschuk, Polyphosphazenen-Kautschuk und Latex-Kautschuk, Styrol-Butadien-Styrol-Blockcopolymer-Elastomer, Styrol-Ethylen/Butylen-Styrol-Blockcopolymer-Elastomer, Styrol-Isopren-Styrol-Blockcopolymer-Elastomer, Elastomer aus Polyethylen sehr geringer Dichte, Copolyesterether-Elastomer, Ethylmethacrylat-Elastomer, Ethylenvinylacetat-Elastomer und Polyalphaolefin-Elastomere umfassen. Verschnitte oder Mischungen aus diesen Stoffen können ebenfalls benutzt werden.

[0064] Beispiele für einige im Handel erhältliche polymere Stoffe, die für die erste (oder flexiblere) Schicht der Klappe benutzt werden können, umfassen:

Tabelle 1

Polymertyp	Bezugsquelle	Produkt-bezeichnung	veröffentlichter Elastizitätsmodul (MPa)
mit Anhydrid modifiziertes Ethylen-Acrylat-Copolymer	Dupont Packaging and Industrial Polymers, Wilmington, DE	Bynel CXA 2174	
Ethylen-vinylacetat-Copolymer	E. I. Dupont Co., Wilmington, DE	Elvax 260	
Ethylen-methacrylat-Copolymer	Eastman Chemical Co., Kingsport, TN	EMAC SP 2220	
Polyethylen	Dupont/ Dow Elastomers, Wilmington,	Engage 8200	2,76 bei 100 % Längenzunahme

	DE		
Polyethylen	Dupont/ Dow Elastomers, Wilmington, DE	Engage 8550	
Styrol- Butadien- Styrol- Blockcopolymer	Atofina, Houston, TX	Finaprene 502	
Styrol- Ethylen/Butyl en-Styrol- Blockcopolymer	Kraton Elastomers, Belpre, Ohio	Kraton G1657	2,41 bei 300 % Längenzunahme
Thermo- plastisches Elastomer	QST Inc., St. Albans, VT	Monoprene 1504	2,76 bei 300 % Längenzunahme
Thermo- plastisches Elastomer	Advanced Elastomers, Akron, Ohio	Santoprene 121-58 W175	2,1 bei 100 % Längenzunahme
Ionomeres Harz	E.I. Dupont Co., Wilmington, DE	Surlyn 1650	
Thermo- plastisches Elastomer	Advanced Elastomers, Akron, Ohio	Vistaflex 641	1,6 bei 100 % Längenzunahme

[0065] Die Prozente der Längenzunahme wurden so gewählt, dass die beste Anpassung des geglätteten Abschnitts der Spannungs-Dehnungs-Kurve für einen gegebenen Werkstoff erzielt wurde.

[0066] Beispiele für Werkstoffe, aus denen die zweite, steifere Schicht der flexiblen Klappe sein kann, können so hergestellt sein, dass sie hochkristalline Stoffe wie etwa Keramiken, Diamant, Glas, Zirkondioxid; Metalle/Folien aus Stoffen wie Bor-, Messing-, Magnesiumlegierungen, Nickellegierungen, rostfreiem Stahl, Stahl, Titan und Wolfram enthalten. Polymere Stoffe, die geeignet sein könnten, umfassen Thermoplaste wie etwa Copolyesterether, Ethylenmethacrylat-Polymer, Polyurethan, Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polymer, Polyethylen hoher Dichte, schlagfestes Polystyrol, Polyethylen niedriger Dichte mit linearer Struktur, Polycarbonat, Flüssigkristallpolymer, Polyethylen niedriger Dichte, Melamine, Nylon, Polyacrylat, Polyamidimid, Polybutylenterephthalat, Polycarbonat, Polyetheretherketon, Polyetherimid, Polyethylennaphthalin, Polyethylenterephthalat, Polyimid, Polyoxymethylen, Polypropylen, Polystyrol, Polyvinylidenchlorid und Polyvinylidenfluorid. Natürliche/abgeleitete Celluloseerzeugnisse wie zum Beispiel Schilf, Papier und Holz wie etwa Buche, Zeder, Ahorn und Fichte können ebenfalls nützlich sein. Verschnitte, Mischungen und Kombinationen aus diesen Stoffen, inbegriffen Mischungen mit den Polymeren, die als in den flexibleren Schichten A, A' zweckmäßig beschrieben worden sind, können ebenfalls benutzt werden. Obgleich sowohl in den Schichten A, A' und B dieselben oder ähnliche polymere Stoffe benutzt werden können, können die polymeren Stoffe auf verschiedene Weise verarbeitet sein oder andere Zusatzstoffe enthalten, um einen Unterschied in der Steife zu schaffen.

[0067] Beispiele für einige im Handel erhältliche Stoffe für die zweite, steifere Schicht umfassen:

Tabelle 2

Polymertyp	Bezugsquelle	Produkt-bezeichnung	veröffentlichter Elastizitätsmodul (MPa)
Nylon 11	Elf Atochem, Philadelphia, PA	Besno P40 TL	320
Nylon 11	Elf Atochem, Philadelphia	Besno TL	1300

	, PA		
Copolyester-ether	Eastman Chemical Co., Kingsport, TN	Ecdel 9966	110
Ethylen-methacrylat-Copolymer	Eastman Chemical Co., Kingsport, TN	EMAC SP2220	
Polycarbonat	Bayer AG, Pittsburgh, PA	Makrolon 3108	2413
Poly(ethylen-terephthalat)	E. I. Dupont Co., Wilmington, DE	Mylar 50 CL	3790
Polypropylen	Atofina, Deerpark, TX	Polypropylen 3576	

[0068] Vorzugsweise sind alle Hauptschichten A, A', B' und C in der Klappe aus polymeren Stoffen hergestellt. So wie der Ausdruck „polymer“ in diesem Dokument gebraucht wird, bedeutet er ein Polymer enthaltend, welches ein Molekül ist, das sich wiederholende Einheiten aufweist, die regelmäßig oder unregelmäßig angeordnet sind. Das Polymer kann natürlich oder synthetisch sein, wobei es vorzugsweise organisch ist.

[0069] Wenn die flexible Klappe einen ABC-Aufbau aufweist, kann die dritte Schicht oder C-Schicht der flexiblen Klappe aus Werkstoffen hergestellt sein, die irgendeinen der weiter oben mit Bezug auf die erste Schicht beschriebenen Stoffe umfassen, solange sie von den Werkstoffen, die in der Schicht A benutzt werden, wesentlich verschieden sind. Der Ausdruck „wesentlich“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Schicht eine Steife, die von jener der Schicht A signifikant verschieden ist, und vorzugsweise einen verschiedenen Elastizitätsmodul aufweist, der bewirken würde, dass sich die Klappe merklich anders als eine Klappe, die beispielsweise einen ABA- oder einen ABA'-Aufbau hätte, verhält. Bei bestimmten polymeren Stoffen kann eine einfache Abänderung der Morphologie des Stoffes ausreichend sein, um die erforderliche mechanische Un-

ähnlichkeit der Schichten A, B, A' und C zu schaffen.

[0070] Der mehrschichtige Aufbau kann überall in der flexiblen Klappe gleichmäßig oder einheitlich sein, braucht es aber nicht; er kann nur in Zonen vorhanden sein oder sich mit dem Ort innerhalb der flexiblen Klappe ändern. Beispielsweise kann dort, wo die erste Schicht A mit der Dichtungsfläche in Kontakt ist, die Erstere nur in jenen Bereichen neben der Schicht B liegen, in denen A einen Kontakt mit der Dichtungsfläche herstellt. Alternativ kann die Schicht A durchgängig sein, während die Schicht B nicht durchgängig ist. Die flexible Klappe kann folglich in verschiedensten Formen und Konfigurationen gestaltet sein. Die Klappe könnte kreisförmig, elliptisch, rechteckig oder in einer Kombination solcher Formen sein, darunter beispielsweise die Formen, die in den US-Patenten 5,325,892 und 5,509,436 an Japuntich u.a. aufgezeigt sind und die in den US-Patentanmeldungen mit den laufenden Nummern 09/888,943 und 09/888,732 an Mittelstadt u.a. aufgezeigt sind.

[0071] Der mehrschichtige Aufbau kann entweder in seiner Gesamtheit oder zum Teil orientierte Schichten aufweisen, braucht es aber nicht. Beispielsweise kann die Schicht B orientiert sein, während die Schichten A nicht orientiert sind. Alternativ können beide Schichten A und B in der gleichen Richtung oder in verschiedenen, sich kreuzenden oder entgegengesetzten Richtungen orientiert sein.

[0072] Die flexiblen Klappen, die in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden, können durch ein Coextrusionsverfahren hergestellt werden, wobei nur zwei Schichten oder ganze eintausend Werkstoffschichten gleichzeitig extrudiert werden, um eine einzige Lage zu formen. Die Coextrusion von zwei Werkstoffen in zwei oder drei Schichten hat sich als besonders nützlich bei der Formung von Klappen der vorliegenden Erfindung herausgestellt; siehe das US-Patent 3,557,265 an Chisholm u.a. für ein Beispiel eines Verfahrens zum Extrudieren von Schichtverbundstoffen. Weitere Verfahren, die zur Herstellung von mehrschichtigen flexiblen Klappen oder Membranen benutzt werden könnten, können ein Vernetzen mittels Elektronenstrahl über eine kontrollierte Tiefe, elektrochemisches Abscheiden, Extrusionsbeschichten eines Substrats, Spritzgießen, Laminieren, Lösemittel-Beschichten eines Substrats und Aufdampfen auf ein Substrat umfassen.

[0073] Das folgende Beispiel ist ausgewählt worden, um hier lediglich besondere Merkmale und Einzelheiten der Erfindung näher zu erläutern. Es versteht sich jedoch, dass, obwohl das Beispiel diesem Zweck dient, die besonderen Einzelheiten, Einsatzstoffe und weiteren Merkmale nicht in einer Weise auszulegen sind, die den Geltungsumfang dieser Erfindung in unzulässiger Weise einschränken würde.

PRÜFSYSTEM, PRÜFVERFAHREN UND BEISPIEL

Strömungsvorrichtung

[0074] Eine Druckabfallprüfung an dem Ventil wird mit Hilfe einer Strömungsvorrichtung durchgeführt. Die Strömungsvorrichtung liefert Luft mit vorgegebenen Strömungsgeschwindigkeiten durch eine Aluminium-Aufnahmeplatte und eine daran angebrachte Luftkammer an das Ventil. Die Aufnahmeplatte nimmt einen Ventil Sitz auf und hält ihn während der Prüfung fest. Die Aluminium-Aufnahmeplatte hat eine leichte Vertiefung an ihrer oberen Oberfläche, welche die Basis des Ventils aufnimmt. Zentrisch in der Vertiefung ist eine 28 Millimeter (mm) mal 34 mm große Öffnung, durch welche Luft zu dem Ventil strömen kann. An dem vorspringenden Rand in der Vertiefung kann einseitig klebender Schaumstoff angebracht sein, um für eine luftundurchlässige Abdichtung zwischen dem Ventil und der Platte zu sorgen. Es werden zwei Klemmschellen benutzt, um die vordere und die hintere Kante des Ventilsitzes zu fassen und an dem Aluminiumfuß zu befestigen. Durch eine halbkugelförmige Kammer hindurch wird Luft zu der Aufnahmeplatte geliefert. Die Aufnahmeplatte ist an der Kammer am oberen Ende oder höchsten Punkt der Halbkugel angebracht, um die Hohlraumform und das Hohlraumvolumen einer Atemschutzmaske nachzuahmen. Die halbkugelförmige Kammer ist ungefähr 30 mm tief und weist einen Grundkreisdurchmesser von 80 mm auf. Luft aus einer Zuleitung, die an die Basis der Kammer anschließt, wird so reguliert, dass der gewünschte Strom durch die Strömungsvorrichtung zu dem Ventil geliefert wird. Bei einem hergestellten Luftstrom wird der Druck in der Kammer gemessen, um den Druckabfall über dem Prüfventil zu bestimmen.

Druckabfallprüfung

[0075] Druckabfallmessungen werden unter Verwendung der Strömungsvorrichtung wie oben beschrieben an einem Prüfventil ausgeführt. Der Druckabfall über einem Ventil wurde bei Strömungsgeschwindigkeiten von 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 und 85 Litern pro Minute gemessen. Um ein Ventil zu prüfen wird eine Versuchsprobe so in der Strömungsvorrichtung angebracht, dass der Ventilsitz an seiner Basis horizontal orientiert ist, wobei die Ventilöffnung nach oben zeigt. Bei der Anbringung des Ventils wird Acht gegeben, dass sichergestellt ist,

dass es keinen Luftnebenweg zwischen der Vorrichtung und dem Ventilkörper gibt. Um das Druckmessgerät für eine gegebene Strömungsgeschwindigkeit zu kalibrieren, wird die Klappe zunächst von dem Ventilkörper entfernt, und es wird der gewünschte Luftstrom hergestellt. Das Druckmessgerät wird dann auf Null eingestellt, wodurch das System kalibriert wird. Nach diesem Kalibrierschritt wird die Klappe wieder an dem Ventilkörper angeordnet, und es wird Luft mit der spezifizierten Strömungsgeschwindigkeit an den Einlass des Ventils abgegeben; und der Druck am Einlass wird aufgezeichnet. Der Ventilöffnungsdruckabfall (unmittelbar vor einer Strömung von null, Klappenöffnungsstartpunkt) wird durch Messen des Drucks an dem Punkt bestimmt, an dem sich die Klappe gerade öffnet und ein minimaler Strom erfasst wird. Der Druckabfall ist die Differenz zwischen dem Einlassdruck in das Ventil und der Umgebungsluft.

Dichtheitsprüfung

[0076] Eine Dichtheitsprüfung bei Ausatemungsventilen erfolgt im Allgemeinen wie in 42 CFR §82.204 beschrieben. Diese Dichtheitsprüfung ist für Ventile geeignet, die eine an dem Ventilsitz befestigte flexible Klappe aufweisen. Bei der Durchführung der Dichtheitsprüfung ist der Ventilsitz zwischen den Öffnungen von zwei mit Öffnungen versehenen Luftkammern abgedichtet. Die zwei Luftkammern sind so konfiguriert, dass Druckluft, die in die untere Kammer eingeleitet wird, nach oben, durch das Ventil, in die obere Kammer strömt. Die untere Luftkammer ist so ausgestattet, dass ihre Innendrucke während der Prüfung überwacht werden können. An der Auslassöffnung der oberen Kammer ist ein Luftdurchflussmessgerät angebracht, um den Luftstrom durch die Kammer zu bestimmen. Während der Prüfung ist das Ventil zwischen den zwei Kammern abgedichtet und horizontal ausgerichtet, wobei die Klappe der unteren Kammer zugewandt ist. Die untere Kammer wird über eine Luftleitung mit Druck beaufschlagt, um zwischen den zwei Kammern einen Druckunterschied von 249 Pa (25 mm Wassersäule, 1 Zoll Wassersäule) herbeizuführen. Dieser Druckunterschied wird während des gesamten Prüfverfahrens beibehalten. Das Ausströmen von Luft aus der oberen Kammer wird als Leckrate des Prüfventils protokolliert. Die Leckrate wird als die Strömungsgeschwindigkeit in Litern pro Minute, die sich ergibt, wenn ein Luftdruckunterschied von 249 Pa über dem Ventil anliegt, angegeben.

Ventilbetätigungskraft

[0077] Für eine gegebene Ventilöffnungsfläche (die Fläche des Kanals, der Luft direkt an die Ventilklappe liefert (in dem Beispiel 8,55 cm²)) kann die „Betätigungskraft“ für ein Ventil bei einer gegebenen Strömungsgeschwindigkeit für einen Bereich von Strömungsgeschwindigkeiten bestimmt werden, indem die Kurve, welche die Strömungsgeschwindigkeit (Abszisse) in l/min und den Druckabfall (Ordinate) in Pa repräsentiert, über einen Strömungsgeschwindigkeitsbereich von 10 bis 85 l/min integriert wird. Eine Integration der Kurve, graphisch als die Fläche unter der Kurve dargestellt, ergibt die Kraft, die erforderlich ist, um das Ventil über einen Strömungsbereich zu betätigen. Der Wert für die integrierte Kurve ist als die integrierte Ventilbetätigungskraft (IVAP: Integrated Valve Activation Power (engl.)) in Einheiten von Milliwatt (mW) definiert.

Ventilwirkungsgrad

[0078] Ein Ventilwirkungsgradparameter kann für Ventile unter Verwendung der Ergebnisse aus der Druckabfallprüfung und der Dichtheitsprüfung sowie aus der Klappenmasse berechnet werden. Der Ventilwirkungsgrad wird bestimmt aus: (1) der integrierten Ventilbetätigungskraft in mW, (2) der in cm³/min aufgezeichneten Leckrate und (3) der Masse der Klappe in Gramm. Der Ventilwirkungsgrad wird wie folgt berechnet:

$$VE = IVAP \times LR \times w$$

wobei

VE ⇒ Ventilwirkungsgrad
 IVAP ⇒ integrierte Ventilbetätigungskraft (Milliwatt)
 LR ⇒ Leckrate (Kubikzentimeter pro Minute)
 w ⇒ Klappenmasse (Gramm)

[0079] VE wird in Einheiten von Milliwatt-Gramm-Kubikzentimeter pro Minute oder mW·g·cm³/min ausgedrückt. Niedrigere Ventilwirkungsgradwerte (VE-Werte) stellen eine bessere Ventilleistung dar. Die Ventile der vorliegenden Erfindung können in der Lage sein, VE-Werte von ungefähr 2 bis 20 mW·g·cm³/min und insbesondere von weniger als ungefähr 10 mW·g·cm³/min zu erzielen.

[0080] Eine mehrschichtige Polymerlage wurde aus zwei Harzen hergestellt, die unter Anwendung eines Lösemittel-Beschichtungsverfahrens in einen dreischichtigen ABA-Aufbau geformt wurden. Die erste und die dritte Schicht der Lage, nämlich die Schichten A und A, welche äußere Hauptoberflächenschichten des Aufbaus lieferten, wurden aus einem SBS (Styrol-Butadien-Styrol) -Kautschuk Finaprene™ 502 mit einem Elastizitätsmodul von 2 MPa, geliefert von der Firma Atofina, Houston, Texas, verschnitten mit 1 Gew.-% Atmer™ 1759, geliefert von Ciba Geigy, 540 White Plains, NY 10591, hergestellt. Die zweite, mittlere Schicht B war eine 36 Mikrometer dicke Polyester- (PET-) Lage mit einem Elastizitätsmodul von 3790 MPa, geliefert von der Firma 3 M. Es wurde eine Lösung aus 25 Teilen Finaprene™ 502, gelöst in 75 Teilen Toluol mit 0,25 Teilen Atmer™ 1759 bereitet, indem zuerst ein Gefäß mit 2500 g Finaprene™ 502 befüllt wurde und anschließend bei 21°C 7000 g Toluol zugegeben wurden. Dies wurde 30 Minuten lang mit einem Rührblatt gerührt, um das Finaprene™ 502 teilweise aufzulösen. Gleichzeitig wurde für die erwünschte endgültige Lösung eine Lösung aus Atmer™ 1759 durch Hinzufügen von 25 g Atmer zu den restlichen 500 g Toluol bereitet. Diese Lösung wurde wieder bei 60°C 30 Minuten lang gerührt. Diese zwei Lösungen wurden dann miteinander vermischt, und die folgende Lösung, die 24,9 Gew.-% Finaprene™ 502, 74,8 Gew.-% Toluol und 0,25 Gew.-% Atmer™ 1759 enthielt, wurde mit einem Rührblatt drei Stunden lang bei 21°C gerührt, woraufhin ein Entgasen mit einem Absauger erfolgte. Dieser entgaste Lösung wurde dann ermöglicht, nach dem Rühren 12 Stunden lang ruhig zu stehen, um eine homogene Lösung sicherzustellen.

[0081] Eine 0,3 Meter breite Lage aus 36 Mikrometer dickem Polyester wurde auf einer Seite mit der Finaprene™ 502 -Lösung mittels einer Kerbstab-Beschichtungsanlage Hirano™ M-200L, die auf einen Spalt von 89 Mikrometern eingestellt war, so beschichtet, dass eine endgültige trockene Dicke von 13 Mikrometern und eine Breite von 0,279 Meter erhalten wurden. Es wurde eine Bandgeschwindigkeit von 1 Meter/min benutzt, so dass die Verweilzeit des beschichteten Films in dem 3 Meter langen Ofen 3 Minuten betrug, um sicherzustellen, dass die Schicht völlig trocken ist. Die statische Aufladung wurde sowohl über statische Bänder bzw. Ketten an jeder Tragrolle auf der Beschichtungsanlage als auch einen Deionisierungsstab unmittelbar vor dem Kerbstab gesteuert. Die aufgewickelte Lage mit einer beschichteten Seite wurde gewendet und durch die gleiche Beschichtungsprozedur wie eben beschrieben laufen gelassen, um die letzte Schicht und eine resultierende dreischichtige Lage mit einer Gesamtdicke von 62 Mikrometern zu schaffen.

[0082] Aus der symmetrischen ABA-Lage wurden durch Ausstanzen aus der mehrschichtigen Lage flexible Klappen geformt, wobei ein rechteckiger Abschnitt mit einem halbrunden Ende geschaffen wurde (siehe [Fig. 1](#), Element 22). Die Gesamtlänge der ausgestanzten Klappe, einschließlich des halbrunden Endes, betrug ungefähr 3,25 cm, wobei die Breite der Klappe ungefähr 2,4 cm betrug. Das halbrunde Ende der Klappe hatte im Waagerechtschnitt einen Radius von 1,2 cm. Die strukturelle Konfiguration der Klappe ist in der nachstehenden Tabelle 3 zusammengefasst:

Tabelle 3

Schichtdicke (μm)		Gesamtdicke der Klappe (μm)	Klappen- länge (cm)	Klappen- breite (cm)	Radius des halbrunden Endes (cm)
A	B				
13	36	62	3,25	2,4	1,2

[0083] Für eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Ventils, das diese Klappe enthält, wurde das rechteckige Ende der Klappe an einem Ventilsitz in einem Ventilkörper befestigt. Der Ventilkörper hatte einen Ventilsitz, der im Seitenriss betrachtet eine konkave Krümmung aufwies.

[0084] Die Konfiguration des Ventilsitzes ist in den US-Patenten 5,325,892 und 5,509,436 an Japuntich u.a. allgemein beschrieben; sie wird in einem Ventilkörper verwendet, der in einer im Handel erhältlichen Gesichtsschutzmaske, Modell 8511, zu beziehen von der Firma 3 M, St. Paul, Minnesota, benutzt wird. Der Ventilkörper hatte in dem Ventilsitz angeordnet eine kreisförmige Öffnung von 3,3 Quadratcentimetern (cm^2). Um ein Ventil für eine Beurteilung zusammenzubauen wurde die Ventilklappe an eine Klappenhaltefläche geklemmt, die ungefähr 4 Millimeter (mm) lang war und den Ventilsitz über eine Strecke von ungefähr 25 mm überspannte. Der gekrümmte Dichtungsriemen hatte eine Breite von ungefähr 0,51 mm. Die flexible Klappe blieb unter neutralen Bedingungen an dem Dichtungsriemen anliegend, ganz gleich, wie das Ventil orientiert war. An den Ventilsitz wurde kein Ventildeckel angebracht.

Ermittelte Steife:

[0085] Eine Finaprene™ 502-Lage, die 1% Atmer 1759 enthielt, wurde genau so wie im Beispiel 1 angegeben hergestellt, nur dass diese Lösung auf eine Silicon-Trägerfolie aufgeschichtet wurde. Streifen eines 23,4 Mikrometer dicken PET-Films wurden 0,794 cm breit geschnitten. Desgleichen wurden Streifen der Finaprene™ 502-beschichteten Trägerfolie 0,794 cm breit geschnitten, die Trägerfolie inbegriffen, um das Schneiden zu vereinfachen. Nach dem Abtrennen des Finaprene™ 502-Films von der Trägerfolie betrug die gemessene Filmdicke 24 Mikrometer, was der Dicke des PET sehr nahe kommt.

[0086] Es wurde ein Biegeversuch bei einseitiger Einspannung benutzt, um die Steife dünner Streifen des Werkstoffs anzugeben, wobei die Biegelänge einer Probe unter ihrer eigenen Masse gemessen wurde. Eine Versuchsprobe wurde hergestellt, indem die 0,794 cm breiten Streifen des Werkstoffs in Längen von ungefähr 5 cm geschnitten wurden.

[0087] Die Probe wurde in einer Richtung parallel zu ihrer langen Abmessung über die 90°-Kante einer horizontalen Oberfläche geschoben. Nachdem sich 1,5 cm des Werkstoffs über die Kante hinaus erstreckten, wurde der Überhang der Probe als vertikaler Abstand vom Ende des Streifens zu der horizontalen Oberfläche gemessen. Der Überhangabstand der Probe geteilt durch ihre erweiterte Länge wurde als das Biegeverhältnis bei einseitiger Einspannung berichtet. Ein Biegeverhältnis bei einseitiger Einspannung, das sich 1 nähert, würde einen hohen Grad an Flexibilität angeben, während ein Werkstoff mit einem Biegeverhältnis, das sich 0 nähert, steif wäre.

Tabelle 4

Material	Schichtdicke (Mikrometer)	Biegeverhältnis bei einseitiger Einspannung
Schicht 1	24	0,95
Schicht 2	23	0,26

Schicht 1 – Finaprene™ 502-Film, 1% Atmer 1759 enthaltend

Schicht 2 – PET-Film mit derselben Zusammensetzung wie im Beispiel 1

[0088] Die in der Tabelle 4 dargestellten Daten zeigen, dass die zweite Schicht sehr steif in Bezug auf die erste Schicht ist, auch wenn sie nicht ganz so dick ist.

Vergleichsbeispiel 1

[0089] Ein Ventil mit entfernter äußerer Schutzabdeckung von einer im Handel erhältlichen Atemschutzmaske 8511™ N95, lieferbar von der Firma 3 M, St. Paul, Minnesota, wurde unter Verwendung der oben beschriebenen Prüfverfahren beurteilt. Der Ventilsitz, der benutzt wurde, war der gleiche wie im Beispiel 1. Die flexible Klappe hatte einen monolithischen Aufbau, der jenem der Klappen, die bei der im Handel erhältlichen Maske 8511™ von 3 M benutzt werden, gleich war. Die Klappe war aus Polyisopren gebildet. Die flexible Klappe hatte die gleichen Abmessungen wie die im Beispiel 1 benutzte Klappe und wies eine Werkstoffdichte von 1,08 Gramm pro Kubikzentimeter (g/cm^3) auf.

[0090] Die Dichtheitsprüfung und die Druckabfallprüfung wurden an dem Ventil der Erfindung und auch an dem Vergleichsventil durchgeführt. Die Werte für den Druckabfall sind in [Fig. 9](#) gezeigt. Die Klappenmasse, die Leckrate, der Ventilwirkungsgrad und die integrierte Klappenbetätigungskraft sind nachstehend in der Tabelle 5 angegeben. Die Ventile repräsentieren den Durchschnitt von drei Versuchsproben sowohl für das Beispiel als auch für das Vergleichsbeispiel.

Tabelle 5

Ventil	Klappen- masse (g)	Leckrate (cm ³ /min)	Integrierte Klappen- betätigungs- kraft (mW)	Ventil- wirkungsgrad (mW g·cm ³ /min)
mehrschichtiges Klappenventil	0,053	5,0	30	8
einschichtiges Klappenventil	0,279	5,7	48	76

[0091] Die Daten, die in Tabelle 5 angegeben und in [Fig. 9](#) anschaulich dargestellt sind, zeigen, dass ein Ventil oder eine Gesichtsschutzmaske, das bzw. die die erfindungsgemäße Technologie benutzt, verglichen mit einer Gesichtsschutzmaske, die ein Ventil benutzt, das einen einschichtigen Aufbau hat, über einen Betriebsbereich von Strömungsgeschwindigkeiten erheblich weniger (37 weniger) Kraft zur Betätigung erfordert. Sowohl für die einzelnen Fließpunkte als auch über den Betriebsbereich der Fließpunkte ist eine Verringerung der Ventilbetätigungskraft im Gebrauch wichtig, da das Ventil durch das Atmen des Trägers betätigt wird. Je größer die Betätigungskraft ist, besonders über dem Arbeitsbereich des Ventils, desto schwieriger ist es für den Träger zu atmen, wenn die Maske getragen wird. Während langer Tragezeiten, wobei ein Benutzer zehn bis zwölf Atemzüge pro Minute durch die Maske machen könnte, wird die Zusammensetzung des Energieverbrauchs, um das Ventil zu betätigen, zu einem wichtigen physiologischen Faktor hinsichtlich der Bequemlichkeit der Atmung und der Zufriedenheit der Arbeitskräfte. Eine Maske, die durch ein Ventil, das weniger Kraft zur Betätigung erfordert, leichter entlüftet wird, ist effizienter bei dem Entfernen von Kohlendioxid und Feuchtigkeit, was den Komfort des Trägers weiter verbessert und es wahrscheinlicher macht, dass der Träger die Maske auf seinem Gesicht angelegt lassen wird, wenn er sich in einer toxischen Umgebung befindet.

[0092] Außerdem zeigen die in Tabelle 5 dargestellten Daten, dass die Erfindung eine Wirkungsgradverbesserung des Ventils von 850% gegenüber einem Vergleichsventil bieten kann, wenn es in dem für Atemschutzmasken typischen Arbeitsbereich in Betrieb ist. Wenn man bedenkt, dass der Ventilwirkungsgradparameter das Gegengewicht zur Undichtheit, Ventilmasse und Betätigungskraft ausweist, ist dies ein besonders aussagekräftiges Ergebnis. Ein zur Verwendung mit einer Gesichtsschutzmaske vorgesehenes Ventil, das einen Aufbau aus einem einschichtigen Werkstoff benutzt, kann, wenn es auf einer äquivalenten Auslegungsgrundlage betrachtet wird, eine schwerere Klappe aufweisen, um das Ventil dichter zu schließen. Eine Klappe, die dichter schließt und eine größere Masse hat, erfordert mehr Kraft zur Betätigung. Im Hinblick auf den Ventilwirkungsgradparameter wiegt die erforderliche Zunahme an Masse und Betätigungskraft jede Steigerung der Effizienz einer verminderten Leckrate auf.

[0093] Es ist also offensichtlich, dass die Steigerungen der Leistung bei einem minimalen Werkstoffeinsatz, wie durch die Masse der Klappen dargestellt, erzielt wurden, was auf die mit den Ventilkappen der Erfindung erzielbare Wirtschaftlichkeit schließen lässt.

Patentansprüche

1. Atemschutzmaske, die aufweist:

- (a) einen Maskenkörper (12), der derart ausgebildet ist, dass er mindestens über die Nase und den Mund eines Trägers passt, um einen inneren Gasraum zu schaffen, wenn er getragen wird; und
- (b) ein Ausatemventil (14), das in einer Fluidverbindung mit dem inneren Gasraum ist, wobei das Ausatemventil aufweist:
 - (i) einen Ventilsitz, der eine Dichtungsfläche (24) und eine Öffnung (28), durch welche ausgeatmete Luft strömen kann, um den inneren Gasraum zu verlassen, aufweist; und
 - (ii) eine flexible Klappe (22), die derart an dem Ventilsitz (20) angebracht ist, dass die Klappe mit der Dichtungsfläche in Kontakt ist, wenn sich das Ventil in seiner geschlossenen Position befindet, und derart, dass sich die Klappe während eines Ausatmens von der Dichtungsfläche wegbiegen kann, um der ausgeatmeten Luft zu ermöglichen, durch die Öffnung zu strömen, um schließlich in einen äußeren Gasraum einzutreten, **dadurch gekennzeichnet**, dass die flexible Klappe mindestens eine erste und eine zweite Schicht (44, 46) aufweist, die nebeneinander liegen, wobei mindestens eine der Schichten steifer als die andere ist oder wobei mindestens

eine der Schichten einen größeren Elastizitätsmodul als die andere Schicht besitzt.

2. Atemschutzmaske nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite Schicht einen ersten bzw. einen zweiten Werkstoff umfassen, die jeweils einen anderen Elastizitätsmodul besitzen.

3. Atemschutzmaske nach Anspruch 2, wobei die erste Schicht näher als die zweite Schicht an der Dichtungsfläche angeordnet ist, wenn die Klappe gegen die Dichtungsfläche gebracht ist, und wobei die zweite Schicht einen größeren Elastizitätsmodul als die erste Schicht besitzt.

4. Atemschutzmaske nach Anspruch 3, wobei die erste Schicht die Dichtungsfläche berührt, wenn die Klappe gegen die Dichtungsfläche gebracht ist.

5. Atemschutzmaske nach Anspruch 1, wobei das Ausatemungsventil an dem Maskenkörper angebracht ist.

6. Atemschutzmaske nach Anspruch 1, die eine Unterdruck-Halbmaske ist, die einen fluiddurchlässigen Maskenkörper besitzt, der eine Schicht Filtermaterial aufweist.

7. Atemschutzmaske nach Anspruch 1, wobei das Ausatemungsventil ein klappenartiges Ausatemungsventil ist.

8. Atemschutzmaske nach Anspruch 7, wobei das klappenartige Ausatemungsventil eine ebene Dichtungsfläche aufweist.

9. Atemschutzmaske nach Anspruch 8, wobei unter neutralen Bedingungen die flexible Klappe nicht gegen die Dichtungsfläche gepresst ist.

10. Atemschutzmaske nach Anspruch 1, wobei die flexible Klappe eine dritte Schicht aufweist, die im Wesentlichen die gleiche Steife wie die erste Schicht besitzt.

11. Atemschutzmaske nach Anspruch 10, wobei die flexible Klappe in Bezug auf die zweite Schicht symmetrisch ist und wobei die zweite Schicht steifer als die erste Schicht und die dritte Schicht ist.

12. Atemschutzmaske nach Anspruch 1, wobei die zweite Schicht einen Elastizitätsmodul besitzt, der größer als jener der ersten Schicht ist, und wobei die erste Schicht die Dichtungsfläche berührt, wenn die Klappe gegen die Dichtungsfläche gebracht ist.

13. Atemschutzmaske nach Anspruch 12, wobei der Elastizitätsmodul der ersten Schicht vorzugsweise ungefähr 0,15 bis 10 Megapascal beträgt und wobei der Elastizitätsmodul der zweiten Schicht ungefähr $2 \text{ bis } 1,1 \times 10^6$ Megapascal beträgt.

14. Atemschutzmaske nach Anspruch 12, wobei der Elastizitätsmodul der ersten Schicht vorzugsweise ungefähr 1 bis 7 Megapascal beträgt und wobei der Elastizitätsmodul der zweiten Schicht ungefähr 200 bis 11 000 Megapascal beträgt.

15. Atemschutzmaske nach Anspruch 1, wobei sowohl die erste als auch die zweite Schicht polymere Stoffe umfassen, wobei die zweite Schicht steifer als die erste Schicht ist und wobei das Verhältnis der Moduln der ersten Schicht und der zweiten Schicht kleiner als 0,01 ist; und wobei die flexible Klappe eine Dicke von ungefähr 20 bis 700 μm aufweist.

16. Atemschutzmaske nach Anspruch 3, wobei die erste Schicht eine Dicke von ungefähr 5 bis 700 μm aufweist und wobei die zweite Schicht eine Dicke von ungefähr 5 bis 100 μm aufweist.

17. Ausatemungsventil (14), das aufweist:

(i) einen Ventilsitz (20), der eine Dichtungsfläche (24) und eine Öffnung (28), durch welche ein Fluid strömen kann, aufweist; und

(ii) eine flexible Klappe (22), die derart an dem Ventilsitz (20) angebracht ist, dass die Klappe mit der Dichtungsfläche in Kontakt ist, wenn sich das Ventil in seiner geschlossenen Position befindet, und derart, dass sich die Klappe von der Dichtungsfläche wegbiegen kann, wenn ein Strom ausgeatmeter Luft das Ventil durchquert, dadurch gekennzeichnet, dass die flexible Klappe mindestens eine erste und eine zweite Schicht (44, 46) auf-

weist, die nebeneinander liegen, wo sich die Klappe beim Öffnen und Schließen biegt, wobei mindestens eine der Schichten steifer als die andere ist oder wobei mindestens eine der Schichten einen größeren Elastizitätsmodul als die andere besitzt.

18. Ausatemungsventil nach Anspruch 17, wobei die erste Schicht näher als die zweite Schicht an der Dichtungsfläche angeordnet ist, wenn das Ventil geschlossen ist, und wobei die zweite Schicht steifer als die erste Schicht ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

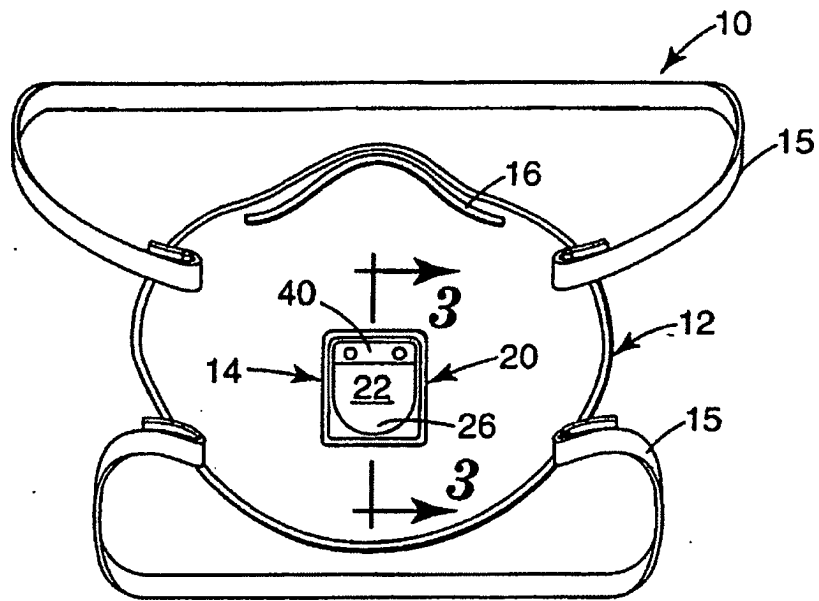


Fig. 1

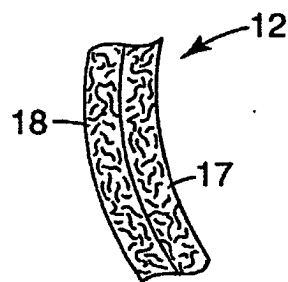


Fig. 2

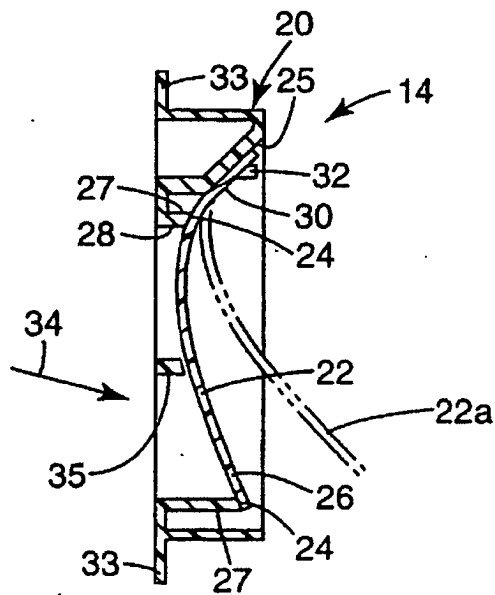


Fig. 3

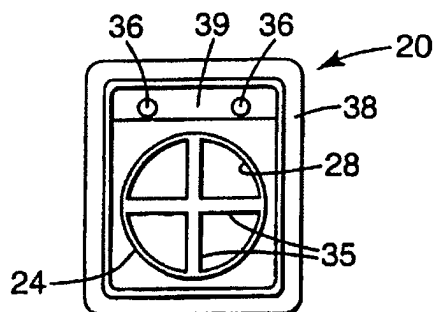


Fig. 4

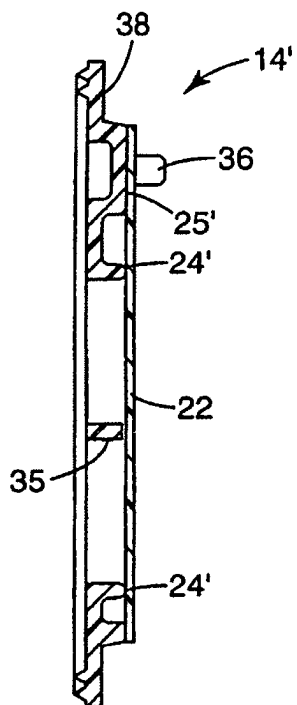


Fig. 5

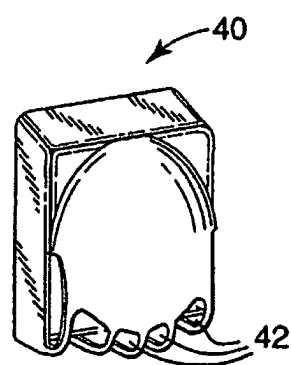


Fig. 6

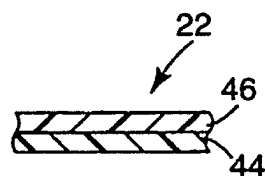


Fig. 7

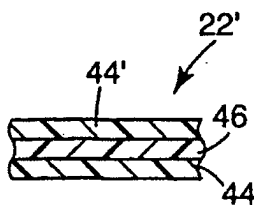


Fig. 8

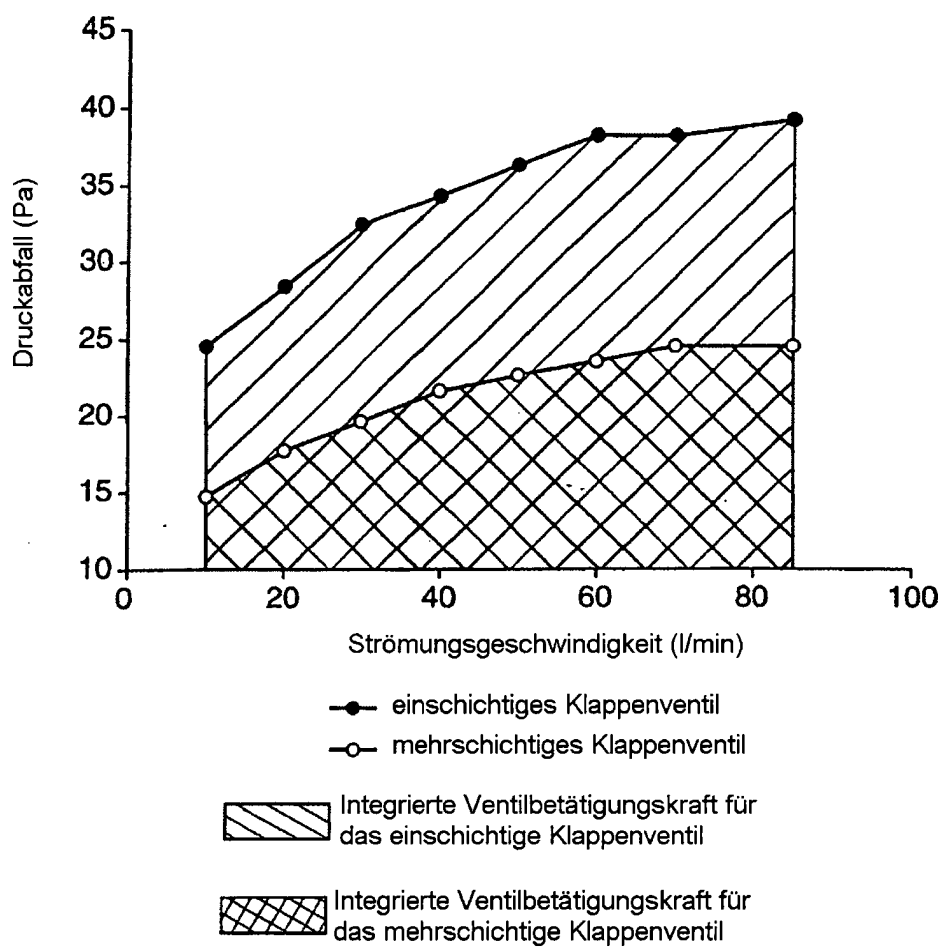


Fig. 9