

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. Oktober 2007 (25.10.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/118822 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01M 3/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/053502

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. April 2007 (11.04.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 017 958.7 13. April 2006 (13.04.2006) DE

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: **POLSTER, Klaus** [DE/DE]; Hofgrund 6,
98553 Breitenbach (DE). **DAHM, Volker** [DE/DE];
Arndtstrasse 25d, 04275 Leipzig (DE). **STEGEMANN,
Ingo** [DE/DE]; Judithstrasse 61a, 98527 Suhl (DE).

(74) Anwalt: **ENGEL, Christoph K.**; Engel patentanwalt-
skanzlei, Markplatz 6, 98527 Suhl (DE).

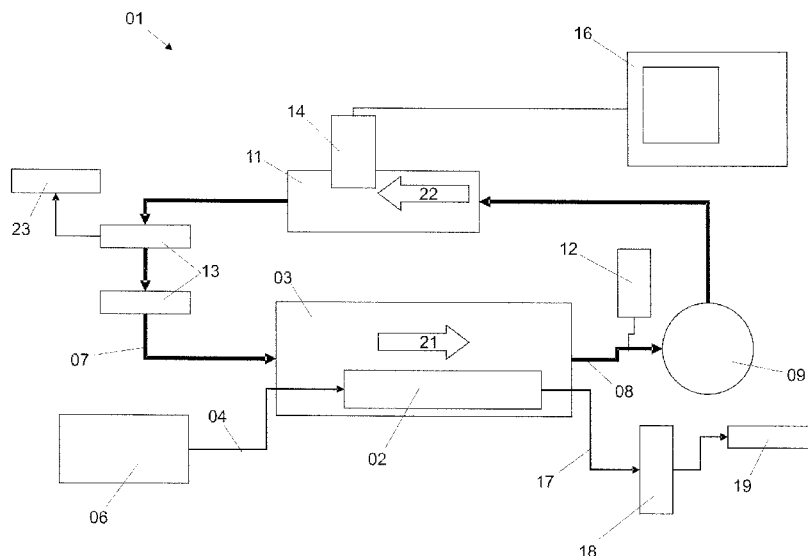
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE QUALITY OF SEAL OF A TEST OBJECT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER DICHTIGKEIT EINES PRÜFOBJEKTS



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the quality of seal of a test object (02), a test object (02) being initially arranged in a test chamber (03). The test object (02) is filled with a tracer gas at a pressure exceeding that of the test chamber (03). The gas volume in the test chamber (03) is then circulated through an external circuit (07, 08, 09), coupled to the test chamber (03), which includes a measuring chamber (11). The measurement of a quantitative parameter of the tracer gas is carried out with a sensor (14), arranged in the measuring chamber (11) for carrying out said measurement and is within the circulated gas flow. The invention further relates to a device (01) for determining the quality of seal of a test object (02), by means of which the above method can be carried out.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/118822 A2

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüfobjektes (02). Dabei wird zunächst ein Prüfobjekt (02) in einer Prüfkammer (03) angeordnet. Das Prüfobjekt (02) wird mit einem Suchgas mit Überdruck gegenüber der Prüfkammer (03) befüllt. Anschließend erfolgt die Umwälzung des in der Prüfkammer (03) befindlichen Gasvolumens über einen an die Prüfkammer (03) angekoppelten externen Kreislauf (07, 08, 09), welcher eine Messkammer (11) umfasst. Die Messung einer quantitativen Kenngröße des Suchgases erfolgt mit einem Sensor (14), der zur Ausführung der Messung in der Messkammer (11) angeordnet ist und sich im umgewälzten Gasvolumenstrom befindet. Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung (01) zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüfobjektes (02), mit welcher das genannte Verfahren ausgeführt werden kann.

**Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Dichtigkeit
eines Prüfobjektes**

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüflings/Prüfobjektes. Ein solcher Prüfling kann ein Behälter, eine Leitung oder ein sonstiges Objekt mit einem Hohlraum sein, wobei eine festgelegte Dichtigkeit des Hohlraums geprüft werden soll.

Die Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüflings dient in vielen Fällen der Qualitätsprüfung. Dabei kann es sich beispielsweise um Behältnisse für Haushaltschemikalien oder Lebensmittel, aber auch um Behältnisse für Betriebsmedien in der Klimatechnik oder im Automobilbau handeln. Gerade wenn umweltkritische Medien im Prüfling geführt oder gespeichert werden sollen oder wenn die Funktionsfähigkeit einer Anlage von der exakten Menge des enthaltenen Mediums abhängt, ist eine Dauerdichtigkeit von großer Bedeutung.

Aus der US 5,553,483 A ist ein System zur Bestimmung eines Leckes eines Objektes mit einem Hohlraum bekannt. Das Prüfobjekt wird in einer Prüfkammer angeordnet und mit Helium oder einem anderen Suchgas gefüllt. Im Hohlraum des Objektes herrscht ein Überdruck. Die Prüfkammer weist eine Einlassöffnung auf, über die Stickstoff oder ein anderes Trägergas in die Prüfkammer hineingeleitet wird. Weiterhin weist die Prüfkammer einen Abzug für das Trägergas auf, der so positioniert ist, dass das in die Prüfkammer eingeströmte Trägergas das Prüfobjekt weitestgehend umströmt, bevor es zum Abzug gelangt. Weist das Objekt ein Leck auf, so strömt das austre-

tende Suchgas in die Prüfkammer. Das Suchgas wird durch die Strömung des Trägergases in den Abzug geleitet, wo sich ein Sensor zur Bestimmung der Menge des Suchgases befindet. Die Genauigkeit des Systems ist von der technischen Erreichbarkeit eines hohen Unterdruckes in der Prüfkammer abhängig. Je größer der Unterdruck ist, desto genauer kann die Leckrate bestimmt werden bzw. desto kleiner ist die nachweisbare Leckrate. Nachteilig an dieser Lösung ist die Komplexität der Anlage, die auf Grund des großen zu erzielenden Unterdruckes notwendig ist. Die Anlage muss robust und vakuumtauglich sein. Die Taktzeit zur Prüfung mehrere Objekte ist fast ausschließlich von der Dauer zur Erzeugung des großen Unterdruckes abhängig, da ein schnelles Absaugen der Luft zu Vereisungen an den Bauteilen des Systems und somit zu Verfälschungen der Messergebnisse führt. Für eine hundertprozentige Prüfung von Bauteilen in einer Serienproduktion mit hohen Taktraten ist dieses Verfahren daher schon aufgrund der langen Messzeiten nicht geeignet.

Aus der WO 2005/054806 A1 sind ein System und ein Verfahren zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Objektes bekannt. Das Prüfobjekt wird in einer Prüfkammer angeordnet und mit Wasserstoff als Suchgas gefüllt. Der Druck in der Prüfkammer wird auf 0,1 bis 250 Millibar verringert. Die Prüfkammer weist eine Einlassöffnung auf, über die ein Trägergas in die Prüfkammer hineingeleitet wird. Weiterhin weist die Prüfkammer einen Abzug für das Trägergas auf, der so positioniert ist, dass das in die Prüfkammer eingeströmte Trägergas das Prüfobjekt weitestgehend umströmt, bevor es zum Abzug gelangt. Das Trägergas wird mit einer Pumpe abgepumpt und an einen Sensor zur Bestimmung des Wasserstoffgehaltes geleitet. Weist das Objekt ein Leck auf, so strömt Wasserstoff in die Prüfkammer, wobei der Wasserstoff gemeinsam mit dem Trägergas

zum Sensor geleitet wird. Nachteilig an dieser Lösung ist, dass neben dem Wasserstoff als Suchgas ein Trägergas benötigt wird, wodurch das System und das Verfahren sehr aufwändig sind. Auch bei diesem Gerät muss zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Gasmenge aus der Prüfkammer entnommen werden, die nachfolgend vom Sensor detektiert wird. Der Sensor kann keine Änderungen feststellen, die erst nach dem Entnahmezeitpunkt der Probe eintreten. Um verlässliche Ergebnisse zu erzielen, muss eine Gleichverteilung des Prüfgases in der Prüfkammer abgewartet werden, woraus wiederum lange Messzyklen resultieren.

Aus der WO 02/075268 A1 ist bekannt, ein Leck ohne die Verwendung eines Trägergases zu bestimmen. Das Prüfobjekt wird hierzu mit Wasserstoff oder Helium als Suchgas gefüllt. Mit Hilfe eines Sensors für das jeweilige Suchgas wird die Konzentration des Suchgases in der Nähe des Prüfobjektes ermittelt. Zwar ist die Höhe der Konzentration ein Indiz für die Größe des Leckes, jedoch lassen sich mit diesem Verfahren keine genauen Rückschlüsse auf die Leckrate ziehen, da die Suchgaskonzentration nicht gleichverteilt ist.

Die WO 99/49290 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Dichtigkeit von Behältnissen. Das Behältnis wird in einer Testkammer angeordnet. Das Innere des Behältnisses ist über zwei Anschlüsse mit Leitungen verbunden, über welche Aerosol durch das Behältnis geleitet wird. Die Testkammer wird auf der einen Seite mit einem aerosolfreien Gas gefüllt, während auf der anderen Seite der Testkammer ein Aerosolsensor über eine Leitung angeschlossen ist. Alternativ kann auch das Behältnis mit dem aerosolfreien Gas und die Testkammer mit Aerosol gefüllt werden, wobei der Aerosolsensor über eine Leitung mit dem Inneren des Behält-

nisses zu verbinden ist. Zum Wechsel zwischen diesen beiden Betriebsarten kann ein Umschaltventil genutzt werden.

Die GB 2 314 421 A lehrt ein Verfahren zur Bestimmung von Lecken in Wärmetauschern. Der für den ersten Kreislauf am Wärmetauscher vorgesehene Hohlraum wird mit Helium gefüllt. Der für den zweiten Kreislauf am Wärmetauscher vorgesehene Hohlraum wird mit einem Umwälzsystem verbunden, welches einen Heliumsensor umfasst.

Die JP 2005274291 A offenbart eine Vorrichtung zur Bestimmung von Lecken in einem Mehrkanalsystem. Ein solches Mehrkanalsystem umfasst einen inneren Hohlraum, welcher innerhalb eines äußeren Hohlraumes angeordnet ist. Das Mehrkanalsystem wird zudem in eine Testkammer eingebracht. Ein Gassensor ist mit der Testkammer und dem inneren Hohlraum verbunden.

Die DE 42 28 149 A1 zeigt ein Vakuum-Messgerät für die integrale Dichtigkeitskontrolle mit leichten Gasen. Der in einem Prüfbehälter eingebrachte Prüfling wird mit einem Testgas gefüllt. Alternativ wird der Prüfbehälter mit dem Testgas gefüllt.

Die DE 103 04 996 A1 lehrt ein Dichtigkeitsprüfverfahren für Pumpen oder Druckbehälter. Der mit einem Prüfgas gefüllte Prüfling wird unter einer Prüfhaube angeordnet. Die Prüfhaube weist eine Sensoröffnung zum Anschluss einer Sensorleitung auf. Die Prüfkammeratmosphäre wird mit Ventilatoren umgewälzt, sodass austretendes Leckagegas dem Sensor zugeführt wird.

Die DE 10 2004 045 803 A1 zeigt ein Leckprüfverfahren und eine Vorrichtung hierfür. Diese Leckprüfvorrichtung weist

eine gegenüber der Umgebung teilweise oder vollständig abgeschlossene Kammer auf, welche mit Füllgas gefüllt ist und in welcher sich das mit einem Prüfgas gefüllte Prüfobjekt befindet. Das aus einem möglichen Leck des Prüfobjektes austretende Prüfgas wird mit einem Partialdrucksensor detektiert, der auf das Prüfgas, aber nicht auf das Füllgas anspricht. Hierdurch sei eine Messung ohne Hochvakuum und ohne Massenspektrometer mit einfachen Mitteln ermöglicht. Bei einer ersten Variante dieser vorbekannten Lösung befindet sich das Prüfobjekt in einer hermetisch abgeschlossenen Kammer, wobei der Partialdrucksensor innerhalb der Kammer oder an einer Wand der Kammer angeordnet ist. Es wird vorgeschlagen, in die Prüfkammer eine Ventilatorvorrichtung gegenüberliegend vom Partialdrucksensor anzuordnen, sodass die Prüfgasatome gleichmäßig in der Kammer verteilt werden. Alternativ hierzu wird vorgeschlagen, das in der Kammer befindliche Gas mit Hilfe eines Ventilators über eine Bypass-Leitung zu leiten, um die in der Kammer erforderliche Ventilation zu bewirken. Bei einer zweiten Variante dieser Lösung befindet sich das Prüfobjekt in einer Kammer, welche kontinuierlich vom Füllgas durchströmt wird. Mit Hilfe eines Sauggebläses wird permanent Umgebungsluft über eine Zuströmleitung angesaugt. Die Luft strömt zunächst am Prüfobjekt und anschließend am Partialdrucksensor vorbei. Der Partialdrucksensor ist an einem Füllgasauslass oder unmittelbar dahinter angeordnet.

Die Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend von der DE 10 2004 045 803 A1 darin, eine verbessertes Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüflings, d.h. eines Objektes mit einem Hohlraum bereitzustellen. Insbesondere wird angestrebt, die Messung unabhängiger vom Zeitpunkt einer Probenentnahme zu machen und

die Wartezeit bis zum Vorliegen eines verlässlichen Messwertes zu verkürzen, ohne hierfür Einschränkungen hinsichtlich der Messbarkeit kleinster Lecke in Kauf nehmen zu müssen. Dadurch soll letztlich auch bei hohen Stückzahlen

5 eine hundertprozentige Prüfung von Bauteilen (Prüflingen) möglich werden. Vorzugsweise soll für die Messung kein spezielles Trägergas erforderlich sein. Gemäß einer ersten Teilaufgabe der Erfindung soll die Vorrichtung flexibel und schnell an verschiedene Messmethoden, wie beispielsweise die
10 Inversmessung anpassbar sein. Gemäß einer zweiten Teilaufgabe der Erfindung soll die Bestimmung der Dichtigkeit zwischen mehreren Hohlräumen innerhalb eines Prüfobjektes ermöglicht sein.

15 Die Hauptaufgabe wird gelöst durch Verfahren gemäß den beigefügten Ansprüchen 1 und 8 sowie durch Vorrichtungen gemäß den nebengeordneten Ansprüchen 9, 13, 14 und 15.

Ein wichtiger Aspekt der Erfindung ist darin zu sehen, dass
20 sich ein Sensor zur Bestimmung der Menge eines Suchgases in einer Messkammer unmittelbar innerhalb eines externen Umwälzkreislaufes befindet, in welchem das durch ein im Prüfling vorhandenes Leck ausgetretene Suchgas gemeinsam mit dem in der Prüfkammer vorhandenen Gas umgewälzt wird. Die Messkammer
25 stellt eine Messposition innerhalb des Umwälzkreislaufes bereit und kann im einfachsten Fall auch als Abschnitt der Rohre oder Leitungen des Kreislaufes ausgebildet sein. Der Sensor wird daher permanent von dem zu messenden Suchgas umströmt, sodass eine genaue Messung erstens nach kurzer Zeit
30 und zweitens auch mehrfach ohne erneute Probenentnahme möglich ist. Es findet in dem unmittelbar kommunizierenden Umwälzkanal eine kontinuierliche Messung statt.

Ein besonderer Vorteil dieser Erfindung besteht darin, dass das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung mit konventionellen Bauteilen realisiert werden können. Es wird weder ein spezielles Trägergas noch ein großer Unterdruck in der Prüfkammer benötigt. Daher ist eine kurze Taktzeit für die Prüfung mehrere Prüfobjekte ermöglicht. Natürlich ist das grobe Evakuieren der Prüfkammer oder das Befüllen mit einem Trägergas zweckmäßig, um das Prüfgas besser nachweisen zu können.

Ein weiterer Vorteil dieser Erfindung ist die Reproduzierbarkeit der Messung. Die vorbestimmte Füllung des Prüfobjektes mit Suchgas und eine gleich bleibende Umwälzung im Kreislauf bewirken, dass die Suchgaskonzentration am Sensor bei mehreren Messungen desselben Prüfobjektes oder eines Prüfobjektes mit einer gleichen Leckrate nur unwesentlich abweichen wird. Damit ist die Messsicherheit durch die Erfindung wesentlich erhöht.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ergibt sich daraus, dass der Bereich des möglichen Leckes des Prüfobjektes und der Ort der Messung räumlich getrennt sind. Daher besteht keine Abhängigkeit zwischen dem Ort des Leckes am Prüfobjekt und der Konzentration des Suchgases am Sensor.

Gemäß einer abgewandelten Ausführungsform kann die Vorrichtung auch als Zweikreisgerät aufgebaut sein. Es lassen sich dadurch auch Prüfobjekte mit mehreren voneinander getrennten Hohlräumen auf ihr Dichtigkeit untersuchen.

Besondere Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen genannt.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mehrere Ausführungsformen, unter Bezugnahme auf die Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung für Invers- und Akkumulationsmessungen;

Fig. 3 eine Prinzipdarstellung einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Prüfung von Objekten mit mehreren Hohlräumen;

Fig. 4 eine Prinzipdarstellung einer vierten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Prüfung von mehreren, zueinander abgeschlossenen Hohlräumen eines Objektes;

Fig. 5 zwei Ansichten eines Kreislaufumschaltventils der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform; und

Fig. 6 eine Schnittansicht des in Fig. 5 gezeigten Kreislaufumschaltventils.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 01 zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüfobjektes 02. Das Prüfobjekt 02 wird in einer Prüfkammer 03 der Vorrichtung 01 angeordnet. Die Prüfkammer 03 kann in Form einer Haube ausge-

bildet sein, die auf einer Grundplatte aufgesetzt wird. In der Prüfkammer 03 befindet sich Umgebungsluft. Alternativ könnte aber auch eine Befüllung der Prüfkammer mit einem Träger- oder Inertgas erfolgen. Ebenso ist die Evakuierung der Prüfkammer vor Beginn des Prüfvorgangs denkbar jedoch nicht zwingend erforderlich.

Die gebrauchsmäßigen Öffnungen des Hohlraumes des Prüfobjektes 02 sind über eine Füllleitung 04 mit einem Reservoir 06 zur Bereitstellung eines Formiergases verbunden. Das Reservoir 06 zur Bereitstellung des Formiergases befindet sich zweckmäßigerweise außerhalb der Prüfkammer 03 und kann durch ein Behältnis zur Aufbewahrung des Formiergases und eine steuerbare Druckpumpe gebildet sein. Die Füllleitung 04 zur Zuführung des Formiergases ist gegenüber der Prüfkammer 03 abgedichtet. Wenn das Prüfobjekt 02 ideal dicht wäre, würde kein Formiergas in die Prüfkammer 03 gelangen.

Die Prüfkammer 03 weist eine Zuleitung 07 und eine Ableitung 08 auf. Die Zuleitung 07 und die Ableitung 08 sind vorzugsweise so angeordnet, dass sie sich an zwei gegenüberliegenden Seiten der Prüfkammer 03 befinden, jedenfalls aber einen Abstand aufweisen, welcher der Ausdehnung der Prüfkammer 03 weitgehend entspricht. Auf diese Weise werden Totvolumina in der Prüfkammer vermieden. Des Weiteren sind die Zuleitung 07 und die Ableitung 08 so ausgeführt, dass eine gegebenenfalls vorhandene Gasströmung zwischen der Zuleitung 07 und der Ableitung 08 das Prüfobjekt 02 weitestgehend umströmt.

Die Zuleitung 07 und die Ableitung 08 sind über einen externen Kreislauf miteinander verbunden. Dieser externe Kreislauf umfasst eine Umwälzeinheit 09 und eine Messkammer 11. Weiterhin umfasst der externe Kreislauf ein Kalibrierleck 12 und

Umschaltventile 13. Das Gas in der Prüfkammer 03 wird über den externen Kreislauf umgewälzt, sobald der Prüfvorgang startet. Dieser Umwälzvorgang wird durch die Umwälzeinheit 09, z.B. eine Pumpe mit einem Volumendurchsatz von 10 Liter pro Sekunde angetrieben. Durch die Anordnung der Zuleitung 07 und der Ableitung 08 ist gewährleistet, dass nahezu alle der in der Prüfkammer 03 vorhandenen Gasteilchen kontinuierlich durch den externen Kreislauf geleitet werden.

In der Messkammer 11 befindet sich ein Sensor 14. Der Sensor 14 dient zur Bestimmung der Menge des Formiergases. Die Zuführung des im Kreislauf umgewälzten Gases an den Sensor 14 kann vorteilhaft über ein Staurohr erfolgen, um am Sensor einen gleich bleibenden Staudruck zu erhalten. Der Sensor 14 und das Staurohr sind so ausgeführt, dass ein permanenter Austausch des am Sensor 14 befindlichen Gases infolge des in die Messkammer 11 einströmenden Gases gegeben ist. Dadurch ist gewährleistet, dass die Gaskonzentration am Sensor 14 ständig der Gaskonzentration im externen Kreislauf entspricht. Während bei den vorbekannten Lösungen lediglich eine kleine Probe aus dem Gasvolumen entnommen wird, strömt am Sensor 14 ein Gasvolumen vorbei, welches pro Umwälzung des gesamten Kreislaufes dem einhundert- bis zweihundertfachen oder mehr des Volumens einer entnommenen Probe entspricht. Der Sensor 14 ist an eine Auswertereinheit 16 angeschlossen. Weiterhin befinden sich im Kreislauf ein oder mehrere Filter (nicht gezeigt) zur Luftreinigung.

Das Formiergas besteht vorzugsweise aus einem Anteil von 95% Stickstoff und ein Anteil von 5% Wasserstoff. Wasserstoff eignet sich insbesondere als Suchgas, da hoch empfindliche Halbleitersensoren zur genauen Bestimmung der Wasserstoffmenge verfügbar geworden sind. Solche Halbleitersensoren

können einen Wasserstoffgehalt von bereits 1 Partikel je einer Million Partikel feststellen. Zudem ist Wasserstoff geeignet, da die Hintergrundkonzentration von Wasserstoff in der Umgebungsluft nur etwa 0,5 Partikel je einer Million Partikel beträgt. Die Konzentration von Wasserstoff eines ausgetretenen Formiergases beträgt bei sehr kleinen Lecks etwa 5 Partikel je einer Million Partikel. Damit ist ein sicherer Abstand zur Bestimmung der Dichtigkeit mit Formiergas unter Atmosphärenbedingungen gegeben. Durch das Vorhandensein von Atmosphärenbedingungen in der Prüfkammer 03 und im externen Kreislauf sind die Anforderungen an die Dichtigkeit der Prüfkammer 03 und des externen Kreislaufes niedrig. Die Erfindung ist auch für andere Suchgase anwendbar, insofern ein für das verwendete Suchgas geeigneter Sensor verfügbar ist und sich die durch die zu messenden Lecke erhöhte Konzentration des Suchgases deutlich von der Konzentration des Suchgases in der Luft unterscheidet. Beispielsweise kommen Helium oder Kohlendioxid als Suchgas in Frage.

Die Verwendung von Formiergas zur Bestimmung der Dichtigkeit des Prüfobjektes 02 ist insbesondere für zu messende Leckraten im Bereich von 10^{-5} bis 10^0 Millibar-Liter je Sekunde geeignet. Dies ist ein Bereich, in dem weder die Bestimmung der Dichtigkeit mit Druckluft noch die Verwendung von Helium als Suchgas zu einem befriedigenden Kosten-Nutzen-Verhältnis führt. Formiergas, bei welchem der Wasserstoffanteil erhöht ist, lässt die Bestimmung von Leckraten zu, die kleiner als 10^{-5} Millibar-Liter je Sekunde sind. Wird reiner Wasserstoff als Suchgas verwendet, lassen sich Leckraten von 10^{-8} Millibar-Liter je Sekunde ermitteln. Leckraten dieser Größenordnung ließen sich bislang nur mit Helium als Suchgas bestimmen.

In einer alternativen Ausführungsform wird in der Prüfkammer 03 und im externen Kreislauf ein technisches Vakuum erzeugt. Dies ist beispielsweise vorteilhaft, wenn ein großer Druckunterschied zum Innendruck des Prüfobjektes 02 erforderlich ist. Durch die Umwälzung der verbleibenden Luft einschließlich des gegebenenfalls ausgetretenen Suchgases durch den externen Kreislauf ist sichergestellt, dass der Sensor 14 vom Suchgas in einer Konzentration umströmt wird, welche der Konzentration in der Prüfkammer 03 entspricht. Diese Ausführungsform der Erfindung ist auch für Suchgase geeignet, deren Nachweis in Luft problematisch ist.

Für die Bestimmung der Dichtigkeit des Prüfobjektes 02 wird die gebrauchsmäßige Öffnung des Prüfobjektes 02 zunächst bei geöffneter Prüfkammer 03 mit der Füllleitung 04 zum Mittel 06 zur Bereitstellung des Formiergases verbunden. Viele Prüfobjekte weisen genau eine gebrauchsmäßige Öffnung auf. Diese ist für Flaschen und ähnliche Behältnisse durch die Öffnung gegeben, an der die Flasche zum Gebrauch geöffnet und verschlossen wird. Insofern das Prüfobjekt 02 mehrere gebrauchsmäßige Öffnungen aufweist, sind entsprechend mehrere Füllleitungen 04 mit dem Prüfobjekt 02 zu verbinden oder einige der gebrauchsmäßigen Öffnungen zu verschließen. Die Füllleitungen 04 können innerhalb der Prüfkammer 03 zu einer Leitung vereinigt sein oder aber sämtlich zum Reservoir 06 zur Bereitstellung des Formiergases geführt sein. Insofern das Prüfobjekt 02 keine gebrauchsmäßige Öffnung aufweist, ist das Prüfobjekt mit einer Öffnung zur Durchführung der Dichtigkeitsbestimmung zu versehen, wobei diese Öffnung nach dem Abschluss der Dichtigkeitsbestimmung wieder zu verschließen ist. Die Füllleitungen 04 und deren Verbindungen zum Prüfobjekt 02 müssen eine Leckrate aufweisen, die wesentlich kleiner als die zu messende Leckrate des Prüfobjektes 02 ist.

Weiterhin ist das Prüfobjekt 02 mit einer Entleerungsleitung 17 verbunden. Die Entleerungsleitung 17 ist mit einem Sperrventil 18 verschlossen. Nach Abschluss der Dichtigkeitsprüfung wird das Sperrventil 18 geöffnet, sodass das Formiergas aus dem Prüfobjekt 02 in einen Auffang 19 abgeführt wird oder als Abluft entweichen kann. Wenn das Prüfobjekt 02 vollständig mit den Füllleitungen 04 und der Entleerungsleitung 17 verbunden ist, wird die Prüfkammer 03 verschlossen. Insofern die Prüfkammer 03 als Haube ausgebildet ist, muss diese auf die Grundplatte aufgesetzt werden und gegenüber der Grundplatte abgedichtet werden. Für den Start der Dichtigkeitsprüfung muss das Prüfobjekt 02 mit Formiergas gefüllt werden. Das Formiergas muss im Prüfobjekt 02 einen bestimmten Überdruck aufweisen, der in Abhängigkeit von der Art des Prüfobjektes 02 und den zu messenden Lecken zu wählen ist. Je kleiner die zu messenden Leckraten sind, desto größer ist der Druck des Formiergases zu wählen. Des Weiteren sind die Umwälzeinheit 09 und die Auswerteeinheit 16 in Betrieb zu nehmen. Zunächst wird die Luft, die sich in der Prüfkammer 03 einschließlich der Zuleitung 07 und der Ableitung 08 sowie in der Messkammer 11 und in der Umwälzeinheit 09 befindet, umgewälzt. Diese Luft entspricht in ihrer Zusammensetzung anfänglich der Umgebungsluft, sodass am Sensor 14 Wasserstoff in einer typischen Konzentration von etwa 0,5 Partikeln je einer Million Partikel vorhanden ist. Gerade bei der Ausführung zahlreicher aufeinander folgender Prüfungen ist es aber zweckmäßig, vor der Befüllung des Prüfobjektes 02 mit dem Suchgas bei geschlossener Prüfkammer 03 eine Startmessung am Sensor 14 auszuführen, um die anfänglich vorhandene Konzentration des Suchgases zu bestimmen.

Insofern das Prüfobjekt 02 ein oder mehrere Lecks aufweist, wird das Formiergas in die Prüfkammer 03 gelangen, da im Prüfobjekt 02 ein Überdruck gegeben ist. Da die Luft in der Prüfkammer 03 über den externen Kreislauf mit relativ großem Volumenstrom umgewälzt wird, wird ebenso das aus dem Prüfobjekt 02 in die Prüfkammer 03 einströmende Formiergas sofort über den externen Kreislauf umgewälzt. Das Gemisch aus Luft und Formiergas wird dabei in Richtung 21 durch die Prüfkammer 03 und in Richtung 22 durch die Messkammer 11 transportiert. Da das Formiergas Wasserstoff enthält, steigt die Wasserstoffkonzentration am Sensor 14 ohne nennenswerte Verzögerung an. Folglich lässt sich mit der Auswerteeinheit 16 ermitteln, ob das Prüfobjekt 02 ein Leck aufweist. Die Höhe der Wasserstoffkonzentration in der jeweiligen Messperiode ist ein Maß für die Größe des Leckes oder der Summe der Lecke, wenn mehrere Lecke vorhanden sind. Diese Methode der Dichtigkeitsprüfung wird auch als Akkumulationsmessung bezeichnet.

Nach dem Abschluss der Dichtigkeitsbestimmung kann das im externen Kreislauf befindliche Gasgemisch durch Öffnen eines der Umschaltventile 13 in einen Abluftkanal 23 abgelassen werden.

Die Anordnung des Sensors im Kreislauf, in welchem das in der Prüfkammer 03 enthaltene Gas umgewälzt wird, soll die unmittelbare Einbindung des Sensors in das komplette Gasvolumen bewirken, um ohne das Erfordernis einer Probenentnahme eine quasi kontinuierliche Messung der Suchgaskonzentration zu ermöglichen.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung können auch für eine Permeationsprüfung genutzt werden. Bei einer Permeationsprüfung wird die Permeabilität

des Prüfobjektes bestimmt. Auf Grund der Permeabilität des Werkstoffes des Prüfobjektes tritt das Suchgas auch ohne das Vorhandensein von Lecken (in Form von Fehlerstellen) auf. Permeationsprüfungen werden beispielsweise für Gummischutzhandschuhe durchgeführt. Hierbei wird unter anderem die so genannte Durchbruchzeit bestimmt. Die Durchbruchzeit ist die Zeitdauer zwischen dem Beginn der Prüfung und dem Zeitpunkt, ab dem die Permeabilitätsrate mindestens 1 Mikrogramm je Quadratzentimeter und Minute beträgt. Oft nimmt nach der Durchbruchzeit die Permeabilitätsrate stark zu. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung lassen sich Permeationsprüfungen besonders genau durchführen, da durch die Umwälzung eine exakte Messung des zeitlichen Verlaufes des Suchgasaustrittes möglich ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung können auch für eine Inversmessung genutzt werden. Bei der Inversmessung wird die Prüfkammer mit dem Suchgas gefüllt, während ein Hohlraum des Prüfobjektes eine Zuleitung und eine Ableitung für einen externen Kreislauf aufweist. Das Suchgas tritt bei Vorhandensein eines Leckes aus der Prüfkammer in den Hohlraum des Prüfobjektes ein und lässt sich dann wie beschrieben im externen Kreislauf nachweisen.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung können auch für eine Partialmessung genutzt werden. Eine solche Partialmessung ist erforderlich, wenn das Prüfobjekt 02 nicht vollständig innerhalb der Prüfkammer 03 angeordnet werden kann. Insofern die Prüfkammer 03 durch eine Haube gebildet ist, wird die Haube gegen das Prüfobjekt 02 abgedichtet. Die Haube umschließt dabei den Teil der Oberflä-

che des Prüfobjektes 02, der mit dieser Partialprüfung geprüft werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße
5 Vorrichtung können auch für einen Bombing-Test zur Bestimmung
der Dichtigkeit eines hermetisch abgeschlossenen Prüfobjektes
angewendet werden. Der Bombing-Test ist beispielsweise für
elektronische Bauelemente, wie Transistoren oder Schaltkreise
geeignet. Das Prüfobjekt wird zunächst in einer Druckkammer
10 angeordnet, die mit einem Suchgas gefüllt ist, wobei der
Druck in der Druckkammer auf beispielsweise 5 Bar erhöht ist.
Das Prüfobjekt verbleibt für eine festgelegte Zeitdauer von
beispielsweise 5 Minuten in der Druckkammer. Während dieser
Zeitdauer strömt Suchgas in das Innere des Prüfobjektes,
15 insofern das Prüfobjekt Lecke aufweist. Im unmittelbaren
Anschluss wird das Prüfobjekt in der Prüfkammer angeordnet,
wobei die Umwälzung und die Messung wie oben beschrieben
durchgeführt werden. Während dieser Phase strömt das in das
Prüfobjekt eingedrungene Suchgas wieder aus diesem heraus.
20 Aus der gemessenen Leckrate kann auf die wahre Leckrate rück-
geschlossen werden.

Um mit der Vorrichtung 01 zur Bestimmung der Dichtigkeit die
Leckrate des Prüfobjektes 02 exakt bestimmen zu können, wird
25 die Vorrichtung 01 kalibriert. Bei einer externen Kalibrie-
rung wird die Vorrichtung mit Messnormalen oder Kalibrier-
lecks kalibriert. Solche Kalibrierlecke werden beispielsweise
von akkreditierten Laboren gemäß DIN hergestellt. Die Kali-
brierlecke können in ein Objekt, welches dem Prüfobjekt 02
30 ähnelt und leckfrei ist, integriert werden. Alternativ können
ein oder mehrere Kalibrierlecke innerhalb des Umwälzungs-
kreislaufes in die Vorrichtung 01 integriert sein. Die in der
Fig. 1 gezeigte Ausführungsform weist ein Kalibrierleck 12 im

externen Kreislauf vor der Umwälzeinheit 09 auf. Durch die Aufnahme von Messwerten bei abgeschaltetem und bei zugeschaltetem Kalibrierleck 12 wird die Messfähigkeit der Vorrichtung 01 festgestellt, sodass eine Festlegung der Parameter für die Befüllung des Prüfobjektes 02 und der Parameter für die Umwälzung sowie eine Festlegung der Messabläufe erfolgen können. Des Weiteren können diese Werte mit herstellerseitigen Angaben verglichen werden, um die Messfähigkeit der Vorrichtung 01 zum Zeitpunkt der externen Kalibrierung bewerten zu können.

Eine interne Kalibrierung erfolgt ebenfalls mit Messnormalen oder Kalibrierlecken. Hierfür weist die Auswerteeinheit 16 eine automatische Abgleichmöglichkeit auf. Es erfolgt ein Vergleich der Normdaten, die für das verwendete Kalibrierleck 12 im Speicher der Auswerteeinheit 16 abgelegt sind, mit den Messdaten, die während der internen Kalibrierung für das Kalibrierleck 12 aufgenommen werden. In den meisten Fällen treten nur geringe Abweichungen auf, sodass lediglich die in der Auswerteeinheit 16 verwendeten Parameter des funktionellen Zusammenhanges zwischen Leckrate und der gemessenen Suchgaskonzentration angepasst werden müssen. Falls es zu größeren Abweichungen kommt, gibt die Auswerteeinheit 16 einen Alarm, dass die Vorrichtung werkseitig neu zu kalibrieren ist.

Der Sensor 14 gibt beim Auftreffen des Suchgases auf die Oberfläche des Sensors 14 ein analoges Signal ab, welches sich im Verhältnis zur auftreffenden Menge Suchgas pro Zeiteinheit ändert. Die Veränderung dieses Signals in einer bestimmten Zeiteinheit ist eine Kenngröße für die Menge an Suchgas, die aus dem Leck ausströmt. Die Auswertung dieser Kenngröße kann für bestimmte Zeitpunkte, integral über eine

bestimmte Zeitdauer oder für den zeitlichen Verlauf erfolgen. Die Ermittlung derartiger Maße ist möglich, da der Sensor 14 permanent von dem im Kreislauf umgewälzten Suchgas-Luft-Gemisch umströmt ist. Insofern die Parameter für die Befüllung des Prüfobjektes 02 und die Parameter für die Umwälzung im Kreislauf konstant sind, sind die ermittelten Maße mit anderen Messungen, insbesondere mit denen der Kalibrierungen vergleichbar. Folglich können mit dem in der Kalibrierung ermittelten funktionellen Zusammenhang zwischen der Leckrate und den Maßen für die gemessene Suchgaskonzentration genaue Rückschlüsse auf die Leckrate des Prüfobjektes gezogen werden.

Im Vergleich mit anderen Prüfmethoden, die eine Probe aus der Prüfkammer entnehmen und diese einem Sensor zuführen, kann erfindungsgemäß schneller mit der Messung begonnen werden, da eine quasi Gleichverteilung durch den Umwälzvorgang schnell erreicht ist. Außerdem kann über eine vorgegebene Messzeit eine kontinuierliche Messung der Gaskonzentration durch den Sensor vorgenommen werden. Aus dem ermittelten Konzentrationsanstieg im Umwälzstrom lässt sich mit herkömmlichen mathematischen Verfahren bereits nach der Aufnahme weniger Messwerte eine Funktion bestimmen, welche die Leckrate des Prüfobjekts repräsentiert.

Die Kalibrierung der Vorrichtung 01 und die Gewährleistung konstanter Parameter für die Befüllung des Prüfobjektes 02 und für die Umwälzung im Kreislauf erlaubt eine exakte Bestimmung der Leckrate des Prüfobjektes 02 über einen großen Wertebereich. Die Leckrate kann in unterschiedlichen Einheiten ermittelt werden und als Klartext auf der Auswerteeinheit ausgegeben werden. Es können beispielsweise die Einheiten Kubikzentimeter je Minute oder Millibar-Liter je Sekunde für

die Angabe der Leckrate verwendet werden. Weithin kann über die Anzeige eine Entscheidung ausgegeben werden, ob es sich bei dem Prüfobjekt um ein Gut-Teil oder ein Schlecht-Teil handelt. Diese Entscheidung kann auch in anderer Weise
5 optisch oder akustisch ausgegeben werden, sodass der Bediener die Schlecht-Teile sehr schnell aussortieren kann und eine kurze Taktdauer bei der Überprüfung vieler Prüfobjekte gewährleistet ist.

Fig. 2 zeigt eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 01 in einer abgewandelten Ausführungsform, welche sowohl eine Akkumulationsmessung als auch alternativ eine Inversmessung erlaubt. Die Vorrichtung 01 besitzt zusätzlich zu den im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen generellen
15 Bestandteilen weiterhin eine zweite Füllleitung 24 zur Befüllung der Prüfkammer 03 mit Formiergas und eine zweite Entleerungsleitung 26 zur Entleerung der Prüfkammer 03. Die Füllleitungen 04, 24 sind über ein zweites Umschaltventil 27 mit dem Reservoir 06 zur Bereitstellung von Formiergas verbunden.
20 Durch eine Umschaltung des zweiten Umschaltventils 27 kann alternativ die Prüfkammer 03 oder das Prüfobjekt 02 mit Formiergas gefüllt werden. Die Entleerungsleitungen 17, 26 sind in gleicher Weise zu einem dritten Umschaltventil 28 geführt. So kann entweder die Prüfkammer 03 oder das Prüfobjekt
25 02 entleert und das Formiergas zu dem Auffang 19 geleitet werden. Die Umschaltventile 27, 28 sind jeweils beide so zu schalten, dass der Formiergasstrom entweder vom Reservoir 06 über die Prüfkammer 03 zum Auffang 19 geleitet wird oder vom Reservoir 06 über das Prüfobjekt 02 zum Auffang 19.

30 In der Zuleitung 07 befindet sich ein viertes Umschaltventil 29, mit welchem das über den externen Kreislauf umgewälzte Volumen entweder der Prüfkammer 03 oder dem Prüfobjekt 02

zugeführt wird. In gleicher Weise befindet sich in der Ableitung 08 ein fünftes Umschaltventil 31, mit welchem das über den externen Kreislauf umgewälzte Volumen entweder von der Prüfkammer 03 oder von dem Prüfobjekt 02 abgeführt wird. Die Umschaltventile 29, 31 sind jeweils beide so zu schalten, dass entweder das Volumen in der Prüfkammer 03 oder das Volumen im Prüfobjekt 02 über den externen Kreislauf umgewälzt wird.

Zur Durchführung einer Akkumulationsmessung sind das dritte Umschaltventil 27 in den Füllleitungen 04, 24 und das vierte Umschaltventil 28 in den Entleerungsleitungen 17, 26 so zu schalten, dass das Formiergas in das Prüfobjekt 02 eingeleitet und vom Prüfobjekt 02 abgeleitet wird. Die Umschaltventile 29, 31 sind jeweils beide so zu schalten, dass das Volumen in der Prüfkammer 03 über den externen Kreislauf umgewälzt wird. Die so erzielte Funktionsweise der Vorrichtung 01 entspricht der Funktion der in der Fig. 1 gezeigten Ausführungsform.

Zur Durchführung einer Inversmessung sind das dritte Umschaltventil 27 in den Füllleitungen 04, 24 und das vierte Umschaltventil 28 in den Entleerungsleitungen 17, 26 so zu schalten, dass das Formiergas in die Prüfkammer 03 eingeleitet und von der Prüfkammer 03 abgeleitet wird. Die Umschaltventile 29, 31 sind jeweils beide so zu schalten, dass das Volumen im Prüfobjekt 02 über den externen Kreislauf umgewälzt wird. Die so erzielte Funktionsweise der Vorrichtung 01 entspricht der Funktion der oben erläuterten Ausführungsform zur Durchführung von Inversmessungen.

Die in Fig. 2 gezeigte Ausführungsform weist den Vorteil auf, dass die Vorrichtung 01 durch ein Umschalten der Ventile 27,

28, 29, 31 sehr schnell und einfach für eine Akkumulationsmessung oder eine Inversmessung konfiguriert werden kann.

Die Umschaltventile 27, 28, 29, 31 können auch durch andere Umschalteinrichtungen zum gesteuerten Ein- und Auslass der Gase gebildet sein. Die Umschalteinrichtungen können beispielsweise auch durch Mehrwegehähne oder Schieber gebildet sein. Auch können die Umschaltventile 29, 31 sowie die Umschaltventile 27, 28 jeweils zu einer Umschalteinrichtung kombiniert sein.

Fig. 3 zeigt eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 01 in einer abgewandelten Ausführungsform, welche die Dichtigkeitsprüfung von Prüfobjekten 02 ermöglicht, die neben dem ersten Hohlraum mindestens einen zweiten Hohlraum 32 aufweisen. Mit dieser Ausführungsform kann sowohl die Dichtigkeit des Prüfobjektes 02 nach außen (also gegenüber der Prüfkammer 03) als auch die Dichtigkeit zwischen den mehreren Hohlräumen 02, 32 innerhalb des Prüfobjekts bestimmt werden. Die im Zusammenhang mit Fig. 2 erläuterten Umschaltventile 27, 28, 29, 31 ermöglichen ein Umschalten zwischen den Messungen, ohne dass hierfür ein Umbau der Vorrichtung 01 oder Veränderungen am Prüfobjekt 02 notwendig sind. Die Vorrichtung 01 ist hinsichtlich der in Fig. 2 beschriebenen Ausführungsform nur derart verändert, dass die zweite Füllleitung 24 zu dem zweiten Hohlraum 32 im Prüfobjekt 02 geführt ist und die zweite Entleerungsleitung 26 am zweiten Hohlraum 32 angeschlossen ist.

Zur Bestimmung der Dichtigkeit des ersten Hohlraumes 02 nach außen sind das dritte Umschaltventil 27 in den Füllleitungen 04, 24 und das vierte Umschaltventil 28 in den Entleerungsleitungen 17, 26 so zu schalten, dass das Formiergas in den

ersten Hohlraum 02 eingeleitet und vom ersten Hohlraum 02 abgeleitet wird. Die Umschaltventile 29, 31 sind jeweils beide so zu schalten, dass das Volumen in der Prüfkammer 03 über den externen Kreislauf umgewälzt wird. Die so erzielte Funktionsweise der Vorrichtung 01 entspricht der Funktion der in der Fig. 1 gezeigten Ausführungsform.

Zur Bestimmung der Dichtigkeit des zweiten Hohlraumes 32 gegenüber dem ersten Hohlraum 02 sind das dritte Umschaltventil 27 in den Füllleitungen 04, 24 und das vierte Umschaltventil 28 in den Entleerungsleitungen 17, 26 so zu schalten, dass das Formiergas in den zweiten Hohlraum 32 eingeleitet und vom zweiten Hohlraum 32 abgeleitet wird. Die Umschaltventile 29, 31 sind so zu schalten, dass das Volumen im ersten Hohlraum 02 über den externen Kreislauf umgewälzt wird. Der erste Hohlraum 02 steht somit in der Funktion der Prüfkammer 03 der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform.

Zur Bestimmung der Dichtigkeit des zweiten Hohlraumes 32 nach außen sind das dritte Umschaltventil 27 in den Füllleitungen 04, 24 und das vierte Umschaltventil 28 in den Entleerungsleitungen 17, 26 so zu schalten, dass das Formiergas in den zweiten Hohlraum 32 eingeleitet und vom zweiten Hohlraum 32 abgeleitet wird. Die Umschaltventile 29, 31 sind jeweils beide so zu schalten, dass das Volumen in der Prüfkammer 03 über den externen Kreislauf umgewälzt wird.

Fig. 4 zeigt eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 01 in einer bevorzugten Ausführungsform zur Prüfung von mehreren Hohlräumen eines Prüfobjektes. Hierfür weist diese Ausführungsform einen ersten und einen zweiten externen Kreislauf auf. Der erste Kreislauf umfasst eine erste Zuleitung 36, eine erste Ableitung 37, eine erste Pumpe

38 und eine erste Messkammer 39, die außerhalb der Prüfkammer 03 angeordnet ist. Das Suchgas wird durch ein erstes Reservoir 41 bereitgestellt, welches durch eine erste Füllleitung 42 mit dem ersten Kreislauf verbunden ist. Die erste Füllleitung 42 mündet in ein Umschaltventil 43 in der ersten Ableitung 37. Das Umschaltventil 43 in der ersten Ableitung 37 kann entweder so geschaltet sein, dass eine Umwälzung des im ersten Kreislauf befindlichen Volumens erfolgen kann oder dass das Suchgas aus dem ersten Reservoir 41 über die erste Füllleitung 42 und über einen Teil der ersten Ableitung 37 in den ersten Hohlraum 02 strömt. Statt des Umschaltventils 43 kann alternativ eine einfache Rohrverbindung zwischen der ersten Ableitung 37 und der ersten Füllleitung 42 genutzt werden, wenn der Austritt des Suchgases aus dem ersten Reservoir 41 steuerbar ist, beispielsweise durch ein Auslassventil am ersten Reservoir 41.

Zur Entleerung des ersten Hohlraumes 02 wird ein Umschaltventil 44 in der ersten Zuleitung 36 umgeschaltet. In einer ersten Stellung des Umschaltventils 44 in der ersten Zuleitung 36 kann eine Umwälzung des im ersten Kreislauf befindlichen Volumens erfolgen. In einer zweiten Stellung des Umschaltventils 44 strömt das Suchgas aus dem ersten Hohlraum 02 über einen Teil der ersten Zuleitung 36 in eine erste Entleerungsleitung 46. In der ersten Entleerungsleitung 46 befindet sich eine erste Absaugung 47, mit der das Suchgas aus dem ersten Hohlraum 02 abgesaugt werden kann. Das Umschaltventil 44 in der ersten Zuleitung 36 kann alternativ durch eine einfache Rohrverbindung zwischen der ersten Zuleitung 36 und der ersten Entleerungsleitung 46 gebildet sein, wenn der Austritt des Suchgases über die erste Absaugung 47 vollständig und steuerbar veränderbar ist. Die erste Entleerungsleitung 46

mündet in einen ersten Abluftkanal 48, der seinerseits in einen ersten Auffang 49 mündet.

Im ersten Kreislauf sind weiterhin ein erstes Kreislaufumschaltventil 51 und ein Kreislaufzuluftventil 52 angeordnet.

Das erste Kreislaufumschaltventil 51 weist vier Anschlüsse und zwei Wege auf. In einer ersten Stellung des Kreislaufumschaltventils 51 ist der erste Kreislauf geschlossen. In einer zweiten Stellung des Kreislaufumschaltventils 51 ist ein erster Zuluftkanal 53 mit der ersten Zuleitung 36 verbunden, während gleichzeitig ein erster Messkammeraustritt 54 mit dem ersten Abluftkanal 48 verbunden ist. In einer ersten Stellung des Kreislaufzuluftventils 52 ist der erste Kreislauf geschlossen. In einer zweiten Stellung des Kreislaufzuluftventils 52 ist ein Messkammerzuluftkanal 56 mit einer ersten Pumpenzuleitung 57 verbunden. Das erste Kreislaufumschaltventil 51 ist als Doppelventil mit einem ersten Ventilanschluss 58, einem zweiten Ventilanschluss 59, einem dritten Ventilanschluss 61 und einem vierten Ventilanschluss 62

(jeweils gezeigt in Fig. 5) ausgeführt. Bei dem ersten Kreislaufumschaltventil 51 ist der erste Ventilanschluss 58 mit der Messkammeraustritt 54, der zweite Ventilanschluss 59 mit der ersten Zuleitung 36, der dritte Ventilanschluss 61 mit dem ersten Zuluftkanal 53 und der vierte Ventilanschluss 62 mit dem ersten Abluftkanal 48 verbunden. In der ersten Stellung des ersten Kreislaufumschaltventils 51 sind der erste Ventilanschluss 58 und der zweite Ventilanschluss 59 sowie der dritte Ventilanschluss 61 und der vierte Ventilanschluss 62 verbunden, wobei die Verbindung zwischen dem dritten Ventilanschluss 61 und dem vierten Ventilanschluss 62 nicht genutzt wird. In der zweiten Stellung des ersten Kreislaufumschaltventils 51 sind der erste Ventilanschluss 58 und der vierte Ventilanschluss 62 sowie der zweite Ventilanschluss 59

und der dritte Ventilanschluss 61 miteinander verbunden. Das Kreislaufzuluftventil 52 ist in gleicher Weise wie das erste Kreislaufumschaltventil 51 mit jedoch nur drei Ventilan-

schlüssen ausgeführt.

5

In der ersten Messkammer 39 befindet sich ebenso wie bei den in Fig. 1 bis 3 gezeigten Ausführungsformen ein erstes Stau-

rohr mit einem Sensor 63.

10 Der zweite externe Kreislauf umfasst in gleicher Weise wie der erste externe Kreislauf eine zweite Zuleitung 70, eine zweite Ableitung 71, eine zweite Pumpe 72 und eine zweite Messkammer 73, die außerhalb der Prüfkammer 03 angeordnet

15 ist. Das Suchgas wird durch ein zweites Reservoir 74 bereitgestellt, welches durch eine zweite Füllleitung 76 mit dem zweiten Hohlraum 32 verbunden ist. Der zweite Hohlraum 32 wird über eine zweite Entleerungsleitung 77 entleert, in welcher sich eine zweite Absaugung 78 befindet. Die zweite Entleerungsleitung 77 mündet in einen zweiten Abluftkanal 79,

20 der seinerseits in einen zweiten Auffang 81 mündet.

Im zweiten Kreislauf ist weiterhin ein zweites Kreislaufumschaltventil 82 angeordnet. Das zweite Kreislaufumschaltventil 82 weist vier Anschlüsse und zwei Wege auf. In einer

25 ersten Stellung des zweiten Kreislaufumschaltventils 82 ist der zweite Kreislauf geschlossen. In einer zweiten Stellung des zweiten Kreislaufumschaltventils 82 ist ein zweiter Zuluftkanal 83 mit der zweiten Zuleitung 70 verbunden, während gleichzeitig ein zweiter Messkammeraustritt 84 mit

30 dem zweiten Abluftkanal 79 verbunden ist. Das zweite Kreislaufumschaltventil 82 gleicht in seiner Ausführung dem ersten Kreislaufumschaltventil 51.

In der zweiten Messkammer 73 befindet sich ebenso wie bei dem ersten Kreislauf ein zweites Staurohr mit einem Sensor 86.

5 Mit dieser bevorzugten Ausführungsform kann sowohl die Dichtigkeit des Prüfobjektes 02 nach außen (also gegenüber der Prüfkammer 03) als auch die Dichtigkeit zwischen den beiden Hohlräumen 02, 32 innerhalb des Prüfobjekts bestimmt werden. Im Gegensatz zu der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform kann eine Messung sowohl des in die Prüfkammer 03 austretenden
10 Suchgases als auch des in den ersten Hohlraum 02 austretenden Suchgases erfolgen, ohne dass hierfür eine Umschaltung oder ein veränderter Anschluss erforderlich sind.

15 Zu Beginn einer Messung wird das Prüfobjekt 02 in die Prüfkammer 03 eingebracht und an die erste Zuleitung 36, die erste Ableitung 37, die zweite Füllleitung 76 und die zweite Entleerungsleitung 77 angeschlossen. Anschließend wird der zweite Hohlraum 32 mit Testgas aus dem zweiten Reservoir 74 gefüllt, woraufhin eine Messung im ersten Kreislauf mit dem
20 ersten Sensor 63 erfolgen kann. Hierbei wird das aus dem zweiten Hohlraum 32 in den ersten Hohlraum 02 austretende Suchgas gemessen. Im nächsten Schritt wird der erste Hohlraum 02 geschlossen. Nun erfolgt eine Messung im zweiten Kreislauf mit dem zweiten Sensor 86. Hierbei wird das aus dem zweiten
25 Hohlraum 32 in die Prüfkammer 03 austretende Suchgas gemessen. Im letzten Schritt werden beide Hohlräume 02, 32 mit Suchgas gefüllt. Es erfolgt eine Messung im zweiten Kreislauf mit dem zweiten Sensor 86, wodurch das aus beiden Hohlräumen 02, 32 in die Prüfkammer 03 austretende Suchgas gemessen
30 wird. Gegebenenfalls können nun beide Hohlräume 02, 32 und die Prüfkammer 03 entlüftet werden und die Messung wiederholt werden.

Zur Entleerung der beiden Kreisläufe einschließlich des ersten Hohlraumes 02 und der Prüfkammer 03 werden die beiden Kreislaufumschaltventile 51, 82 und das Kreislaufzuluftventil 52 jeweils in die zweite Schaltstellung gebracht, woraufhin
5 einerseits Umgebungsluft über die beiden Zuluftkanäle 53, 83 und den Messkammerzuluftkanal 56 angesaugt wird und andererseits das in den beiden Kreisläufen einschließlich des ersten Hohlraumes 02 und der Prüfkammer 03 befindliche Volumen über die Abluftkanäle 48, 79 in die beiden Auffänge 49, 81 geleitet
10 wird. Ergänzend oder alternativ können die beiden Hohlräume 02, 32 über die beiden Entleerungsleitungen 46, 77 mit Hilfe der beiden Absaugungen 47, 78 entleert werden. Die genannten Möglichkeiten zur Entleerung der beiden Kreisläufe, der beiden Hohlräume 02, 32 und der Prüfkammer 03 können
15 während einer Messabfolge auch einzeln durchgeführt werden.

Der in der Fig. 4 gezeigten bevorzugten Ausführungsform liegt die Idee zugrunde, zwei erfindungsgemäße Vorrichtungen mit jeweils einem externen Kreislauf zu einer erfindungsgemäßen
20 Vorrichtung mit zwei externen Kreisläufen zu vereinen. Die beiden einzelnen Vorrichtungen mit jeweils einem externen Kreislauf sind unterschiedlich ausgeführt, um einerseits die Umwälzung und Messung des in der Prüfkammer 03 befindlichen Volumens und andererseits die Umwälzung und Messung des im
25 ersten Hohlraum 02 befindlichen Volumens zu ermöglichen.

Fig. 5 zeigt zwei Ansichten des in der Fig. 4 gezeigten ersten Kreislaufumschaltventils 51. Abbildung a) der Fig. 5 zeigt eine perspektivische Ansicht und Abbildung b) der Fig. 5 zeigt eine Draufsicht. Das Kreislaufumschaltventil 51
30 umfasst einen Ventilkörper 90, auf dessen Umfang der erste Ventilanschluss 58, der zweite Ventilanschluss 59, der dritte Ventilanschluss 61 und der vierte Ventilanschluss 62 angeord-

net sind. Die vier Ventilanschlüsse 58, 59, 61, 62 sind in einer Ebene und gleich verteilt auf einem Kreis angeordnet, sodass zwei benachbarte Ventilanschlüsse 58, 59; 61, 62 jeweils einen Winkel von 90° zueinander aufweisen. Die vier Ventilanschlüsse 58, 59, 61, 62 stellen Öffnungen des Ventilkörpers 90 dar, welche sämtlich in einen Ventilinnenraum 91 des Ventilkörpers 90 münden. Der Ventilinnenraum 91 weist eine Zylinderform auf, in welcher ein Ventilrotor 92 rotierbar angeordnet ist. Der Ventilrotor 92 weist einen ersten Durchlass 93 und einen zweiten Durchlass 94 (gezeigt in Fig. 6) auf. Die beiden Durchlässe 93, 94 sind durch jeweils eine seitliche Ausnehmung des zylinderförmigen Ventilrotors 92 gebildet, wobei sich die Ausnehmungen bezogen auf die Rotationsachse des Ventilrotors 92 gegenüberstehen. Der Ventilrotor 92 weist ausschließlich dieser Ausnehmungen eine Zylinderform auf, welche passgenau in die Zylinderform des Ventilinnenraumes 91 eingebracht ist. Es besteht ausschließlich der die Durchlässe 93, 94 bildenden Ausnehmungen und ausschließlich der Öffnungen zu den Ventilanschlüssen 58, 59, 61, 62 ein Formschluss zwischen dem Ventilrotor 92 und dem Ventilinnenraum 91. Die beiden Durchlässe 93, 94 sind so ausgeführt, dass sie auch auf der Höhe der Ausnehmung die Zylinderoberfläche umfänglich nur teilweise wegnehmen. Es bedarf zwischen dem Ventilinnenraum 91 und dem Ventilrotor 92 keiner Dichtung oder Dichtungsmasse, um eine Dichtigkeit zwischen beiden zu gewährleisten. Die Dichtigkeit ist ausschließlich durch die geringen Fertigungstoleranzen und die Oberflächeneigenschaften des Ventilinnenraumes 91 und des Ventilrotors 92 gewährleistet.

Das Kreislaufumschaltventil 51 ist in der zweiten Schaltstellung gezeigt, in welcher der zweite Ventilanschluss 59 mit dem dritten Ventilanschluss 61 über den ersten Durchlass 93

verbunden ist. In gleicher Weise ist der erste Ventilanschluss 58 mit dem vierten Ventilanschluss 62 über den zweiten Durchlass 93 verbunden. Ein Wechsel zwischen den beiden Schaltstellungen erfolgt durch eine Rotation des Ventilrotors 52 um eine viertel Umdrehung. Befindet sich das Kreislaufumschaltventil 51 in der ersten Schaltstellung, so ist der erste Ventilanschluss 58 mit dem zweiten Ventilanschluss 59 über den ersten Durchlass 93 verbunden und der dritte Ventilanschluss 61 ist mit dem vierten Ventilanschluss 62 über den zweiten Durchlass 93 verbunden. Um einen Wechsel zwischen den Schaltstellungen vornehmen zu können, ist eine Rotorwelle 96 des Ventilrotors 92 nach außen geführt, über die ein Drehmoment von außen auf den Ventilrotor 92 übertragen werden kann. Am äußeren Ende der Rotorwelle 96 ist ein Kniehebel 97 befestigt, an dessen Ende ein pneumatisch angetriebener Aktuator 98 angreift, sodass ein Kniehebelantrieb ausgebildet ist. Ein Antrieb des longitudinal agierenden Aktuators 98 bewirkt über den Kniehebel 97 eine Rotation des Ventilrotors 92, sodass die Kreislaufumschaltvorrichtung 51 von der ersten in die zweite Schaltstellung und umgekehrt geschaltet werden kann. Natürlich sind auch andere Antriebsvarianten für den Ventilrotor möglich, beispielsweise unter Nutzung des elektromagnetischen Prinzips, wenn der Ventilrotor gleichzeitig den Rotor eines Motors darstellt oder mit einem solchen antriebswirksam verbunden ist.

Fig. 6 zeigt eine Schnittansicht des in der Fig. 5 gezeigten Kreislaufumschaltventils 51. Es sind insbesondere der erste Durchlass 93 und der zweite Durchlass 94 gezeigt. Der erste Ventilanschluss 58 ist über den zweiten Durchlass 94 mit dem vierten Ventilanschluss 62 verbunden. Die beiden die Durchlässe 93, 94 bildenden Ausnehmungen wurden jeweils durch eine Bohrung geschaffen, welche senkrecht und beabstandet zur

Rotationsachse des Ventilrotors 92 in den Ventilrotor 92 eingebracht wurden.

Das gezeigte Kreislaufumschaltventil 51 weist den Vorteil auf, dass zwei Ventilwege durch eine Rotation einfach und schnell umgeschaltet werden können. Das Kreislaufumschaltventil 51 bedarf keiner zusätzlichen Dichtmittel und ist kaum störanfällig.

Das gezeigte Kreislaufumschaltventil 51 kann auch an andere Anforderungen angepasst werden. Beispielsweise kann die Anordnung der Ventilanschlüsse so verändert werden, dass jeweils zwei Ventilanschlüsse in eine Richtung ausgerichtet sind. Die Anordnung kann beliebig verändert werden, solange die Ventilanschlüsse in den Ventilinnenraum derart münden, dass sie in den beiden Schaltstellungen jeweils eine Verbindung zu einem der beiden Durchlässe haben. Die Durchlässe können durch unterschiedlich geformte Ausnehmungen wie beispielsweise kalottenförmige Ausnehmungen gebildet sein.

Der Ventilrotor kann auch durch eine flache Platte gebildet sein, wobei der Raum neben den beiden Seiten der Platte jeweils einen Durchlass bildet. Die Anzahl der Ventilanschlüsse und die Anzahl der Durchlässe kann ebenfalls den Anforderungen angepasst werden. Beispielsweise kann ein

solches Ventil mit drei Ventilanschlüssen und zwei Durchlässen oder mit sechs Ventilanschlüssen und drei Durchlässen ausgeführt werden. Die Rotation des Ventilrotors kann statt durch den Kniehebelantrieb auch durch einen Motor bewirkt werden. Die Rotorwelle muss nicht grundsätzlich nach außen

geführt sein, sondern kann beispielsweise magnetisch angekoppelt sein. Solche Ventile lassen sich natürlich auch vorteilhaft in anderen Anordnungen einsetzen, so dass sie von generellem Interesse sind.

Bezugszeichenliste

	01	Vorrichtung zur Bestimmung der Dichtigkeit
	02	Prüfobjekt mit Hohlraum
5	03	Prüfkammer
	04	Füllleitung für Formiergas
	05	-
	06	Reservoir zur Bereitstellung von Formiergas
	07	Zuleitung
10	08	Ableitung
	09	Umwälzeinheit
	10	-
	11	Messkammer
	12	Kalibrierleck
15	13	Umschaltventil
	14	Staurohr mit Sensor
	15	-
	16	Auswerteeinheit
	17	Entleerungsleitung des Formiergases
20	18	Sperrventil
	19	Auffang
	20	-
	21	Umwälzrichtung in der Prüfkammer
	22	Umwälzrichtung in der Messkammer
25	23	Abluftkanal
	24	zweite Füllleitung
	25	-
	26	zweite Entleerungsleitung
	27	Umschaltventil zwischen den Füllleitungen
30	28	Umschaltventil zwischen den Entleerungsleitungen
	29	Umschaltventil in der Zuleitung
	31	Umschaltventil in der Ableitung
	32	zweiter Hohlraum im Prüfobjekt

	33	-
	34	-
	35	-
	36	erste Zuleitung
5	37	erste Ableitung
	38	erste Pumpe
	39	erste Messkammer
	40	-
	41	erste Reservoir
10	42	erste Füllleitung
	43	Umschaltventil in der ersten Ableitung
	44	Umschaltventil in der ersten Zuleitung
	45	-
	46	erste Entleerungsleitung
15	47	erste Absaugung
	48	erster Abluftkanal
	49	erster Auffang
	50	-
	51	erstes Kreislaufumschaltventil
20	52	Kreislaufzuluftventil
	53	erster Zuluftkanal
	54	erster Messkammeraustritt
	55	-
	56	Messkammerzuluftkanal
25	57	erste Pumpenzuleitung
	58	erster Ventilanschluss
	59	zweiter Ventilanschluss
	60	-
	61	dritter Ventilanschluss
30	62	vierter Ventilanschluss
	63	erstes Staurohr mit Sensor
	64	-
	65	-

	66	-
	67	-
	68	-
	69	-
5	70	zweite Zuleitung
	71	zweite Ableitung
	72	zweite Pumpe
	73	zweite Messkammer
	74	zweites Reservoir
10	75	-
	76	zweite Füllleitung
	77	zweite Entleerungsleitung
	78	zweite Absaugung
	79	zweiter Abluftkanal
15	80	-
	81	zweiter Auffang
	82	zweites Kreislaufumschaltventil
	83	zweiter Zuluftkanal
	84	zweiter Messkammeraustritt
20	85	-
	86	zweites Staurohr mit Sensor
	87	-
	88	-
	89	-
25	90	Ventilkörper
	91	Ventilinnenraum
	92	Ventilrotor
	93	erster Durchlass
	94	zweiter Durchlass
30	95	-
	96	Rotorwelle
	97	Kniehebel
	98	Aktuator

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüfobjektes (02), die folgenden Schritte umfassend:
 - Anordnung des Prüfobjektes (02) in einer Prüfkammer (03);
 - Befüllung des Prüfobjektes (02) mit einem Suchgas mit Überdruck gegenüber der Prüfkammer (03);
 - Umwälzung des in der Prüfkammer (03) befindlichen Gasvolumens über einen an die Prüfkammer (03) angekop-
pelten externen Kreislauf (07, 08, 09), welcher eine Messkammer (11) umfasst; und
 - Messung einer quantitativen Kenngröße des Suchgases mit einem Sensor (14), der zur Ausführung der Messung in der Messkammer (11) angeordnet ist und sich im umgewälzten Gasvolumenstrom befindet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin einen Kalibrierungs-
schritt umfassend, in welchem die quantitative Kenngröße des Suchgases gemessen wird, wenn das Prüfobjekt (02) durch ein Kalibrierleck (12) gebildet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass für die Messung der quantitativen Kenngröße des Suchgases die bei der Prüfung des Prüfobjekts erhaltenen Sensor-
werte über einen festgelegten Zeitraum in einem festge-
legten Zeittakt aufsummiert werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass für die Messung der quantitativen Kenngröße des Suchgases die zeitabhängigen Verläufe der Sensorwerte während der Kalibrierung und der Prüfung des Prüfobjekts gemessen und verglichen werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Leckrate des Prüfobjektes (02) als Funktion der quantitativen Kenngröße des Suchgases ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfkammer (03) vor dem Beginn der Umwälzung evakuiert und/oder mit einem Inertgas gefüllt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, zur Bestimmung der Dichtigkeit eines hermetisch abgeschlossen Prüfobjektes (02), wobei die Befüllung des Prüfobjektes dadurch erfolgt, dass das Prüfobjekt (02) für eine vorbestimmte Zeit in einer mit dem Suchgas befüllten Druckkammer angeordnet wird, bevor das Prüfobjekt (02) in die Prüfkammer (03) eingebracht wird.
8. Verfahren zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüfobjektes (02), die folgenden Schritte umfassend:
 - Anordnung des Prüfobjektes (02) in einer Prüfkammer (03);
 - Befüllung der Prüfkammer (03) mit einem Suchgas mit Überdruck gegenüber dem Inneren des Prüfobjektes (02);
 - Umwälzung des im Inneren des Prüfobjektes (02) befindlichen Gasvolumens über einen an das Prüfobjekt (02) angekoppelten externen Kreislauf, welcher eine Messkammer (11) umfasst; und
 - Messung einer quantitativen Kenngröße des Suchgases mit einem Sensor (14), der zur Ausführung der Messung in der Messkammer (11) angeordnet ist und sich im umgewälzten Gasvolumenstrom befindet.

9. Vorrichtung (01) zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüfobjektes (02), umfassend:
- eine Prüfkammer (03), in welche das Prüfobjekt (02) einbringbar ist;
 - ein Reservoir (06) mit einem Suchgas zur Befüllung des Prüfobjekts (02), wobei ein Druck im Prüfobjekt (02) eingestellt wird, der höher als der Druck in der Prüfkammer (03) ist;
 - ein Mittel zur Umwälzung des in der Prüfkammer (03) befindlichen Gasvolumens, umfassend Kreislaufleitungen (07, 08), eine Pumpe (09) und eine Messkammer (11), die außerhalb der Prüfkammer (03) angeordnet ist; und
 - einen Sensor (14) zum quantitativen Nachweis des Suchgases, wobei sich der Sensor (14) in der Messkammer (11) befindet und innerhalb des umgewälzten Gasvolumens angeordnet ist.
10. Vorrichtung (01) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (14) am Ende eines Staurohrs angeordnet ist, welches innerhalb des umgewälzten Gasvolumens angeordnet ist.
11. Vorrichtung (01) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie weiterhin eine Auswerteeinheit (16) zur Erfassung eines zeitlichen Verlaufes der Messwerte des Sensors (14) umfasst.
12. Vorrichtung (01) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (16) eine Leckrate des Prüfobjektes (02) aus den Messwerten bestimmt und diese Leckrate als einen absoluten Wert ausgibt.

13. Vorrichtung (01) zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüfobjektes (02), umfassend:

- eine Prüfkammer (03), in welche das Prüfobjekt (02) einbringbar ist;
- ein Reservoir (06) zur Befüllung eines Volumens (02, 03) mit einem Suchgas;
- eine erste Umschaltteinrichtung (27), wobei in einer ersten Schaltstellung das Prüfobjekt (02) vom Reservoir (06) gefüllt wird und ein Druck im Prüfobjekt (02) eingestellt wird, der höher als der Druck in der Prüfkammer (03) ist, und wobei in einer zweiten Schaltstellung die Prüfkammer (03) vom Reservoir (06) gefüllt wird und ein Druck in der Prüfkammer (03) eingestellt wird, der höher als der Druck im Prüfobjekt (02) ist;
- ein Mittel zur Umwälzung eines Gases in einem Volumen (02, 03), umfassend Kreislaufleitungen (07, 08), eine Pumpe (09) und eine Messkammer (11), die außerhalb der Prüfkammer (03) angeordnet ist;
- eine zweite Umschaltteinrichtung (29, 31), wobei in einer ersten Schaltstellung das Gas in der Prüfkammer (03) durch das Mittel zur Umwälzung eines Gases umgewälzt wird, und wobei in einer zweiten Schaltstellung das Gas im Prüfobjekt (02) durch das Mittel zur Umwälzung eines Gases umgewälzt wird; und
- einen Sensor (14) zum quantitativen Nachweis des Suchgases, wobei sich der Sensor (14) in der Messkammer (11) befindet und innerhalb des umgewälzten Gasvolumens angeordnet ist.

14. Vorrichtung (01) zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüfobjektes (02) mit einem ersten Hohlraum (02) und einem zweiten Hohlraum (32), umfassend:

- eine Prüfkammer (03), in welche das Prüfobjekt (02) einbringbar ist;
- ein Reservoir (06) zur Befüllung eines Hohlraumes (02, 32) mit einem Suchgas;
- eine erste Umschaltteinrichtung (27), wobei in einer ersten Schaltstellung der erste Hohlraum (02) vom Reservoir (06) gefüllt wird und ein Druck im ersten Hohlraum (02) eingestellt wird, der höher als der Druck in der Prüfkammer (03) ist, und wobei in einer zweiten Schaltstellung der zweite Hohlraum (32) vom Reservoir (06) gefüllt wird und ein Druck im zweiten Hohlraum (32) eingestellt wird, der höher als der Druck im ersten Hohlraum (02) ist;
- ein Mittel zur Umwälzung eines Gases in einem Volumen (02, 03), umfassend Kreislaufleitungen (07, 08), eine Pumpe (09) und eine Messkammer (11), die außerhalb der Prüfkammer (03) angeordnet ist;
- eine zweite Umschaltteinrichtung (29, 31), wobei in einer ersten Schaltstellung das Gas in der Prüfkammer (03) durch das Mittel zur Umwälzung eines Gases umgewälzt wird, und wobei in einer zweiten Schaltstellung das Gas im ersten Hohlraum (02) durch das Mittel zur Umwälzung eines Gases umgewälzt wird; und
- einen Sensor (14) zum quantitativen Nachweis des Suchgases, wobei sich der Sensor (14) in der Messkammer (11) befindet und innerhalb des umgewälzten Gasvolumens angeordnet ist.

15. Vorrichtung (01) zur Bestimmung der Dichtigkeit eines Prüfobjektes (02) mit einem ersten Hohlraum (02) und einem zweiten Hohlraum (32), umfassend:

- eine Prüfkammer (03), in welche das Prüfobjekt (02) einbringbar ist;
- ein erstes Reservoir (41) zur Befüllung des ersten Hohlraumes (02) mit einem Suchgas;
- ein zweites Reservoir (74) zur Befüllung des zweiten Hohlraumes (32) mit einem Suchgas;
- ein erstes Mittel zur Umwälzung eines Gases in einem Volumen (02), umfassend erste Kreislaufleitungen (36, 37, 54, 57), eine erste Pumpe (38) und eine erste Messkammer (39), die außerhalb der Prüfkammer (03) angeordnet ist;
- ein zweites Mittel zur Umwälzung eines Gases in der Prüfkammer (03), umfassend zweite Kreislaufleitungen (70, 71, 84), eine zweite Pumpe (72) und eine zweite Messkammer (73), die außerhalb der Prüfkammer (03) angeordnet ist;
- einen ersten Sensor (63) zum quantitativen Nachweis des Suchgases, wobei sich der erste Sensor (63) in der ersten Messkammer (39) befindet und innerhalb des durch das erste Mittel umgewälzten Gasvolumens angeordnet ist; und
- einen zweiten Sensor (86) zum quantitativen Nachweis des Suchgases, wobei sich der zweite Sensor (86) in der zweiten Messkammer (73) befindet und innerhalb des durch das zweite Mittel umgewälzten Gasvolumens angeordnet ist.

16. Vorrichtung (01) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Reservoir (41) zur Befüllung des ersten Hohlraumes (02) über eine der ersten Kreislaufleitungen (43) mit dem ersten Hohlraum (02) verbunden ist.
17. Vorrichtung (01) nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest das erste oder das zweite Mittel zur Umwälzung eines Gases weiterhin eine Kreislaufumschaltvorrichtung (51; 82) aufweist, die mit einer ersten der Kreislaufleitungen (54; 84) und mit einer zweiten der Kreislaufleitungen (36; 70) des Mittels zur Umwälzung eines Gases verbunden ist, wobei in einer ersten Schaltstellung der Kreislaufumschaltvorrichtung (51; 82) die erste der Kreislaufleitungen (54; 84) mit der zweiten der Kreislaufleitungen (36; 70) verbunden ist und in einer zweiten Schaltstellung der Kreislaufumschaltvorrichtung (51, 82) einerseits die erste der Kreislaufleitungen (54; 84) mit einer Abluftleitung (48; 79) verbunden ist und andererseits die zweite der Kreislaufleitungen (36; 70) mit einer Zuluftleitung (53; 83) verbunden ist.
18. Vorrichtung (01) nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Kreislaufumschaltvorrichtung durch ein Doppelventil (51; 82) mit einem ersten Ventilanschluss (58), einem zweiten Ventilanschluss (59), einem dritten Ventilanschluss (61) und einem vierten Ventilanschluss (62) gebildet ist, wobei in der ersten Schaltstellung der erste Ventilanschluss (58) und der zweite Ventilanschluss (59) sowie der dritte Ventilanschluss (61) und der vierte Ventilanschluss (62) verbunden sind, während in der zweiten Schaltstellung der erste Ventilanschluss (58) und der vierte Ventilanschluss (62) sowie der zweite Ventilan-

schluss (59) und der dritte Ventilanschluss (61) miteinander verbunden sind.

19. Vorrichtung (01) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Doppelventil (51; 82) einen Ventilkörper (90) aufweist:

- auf dem umfänglich der erste Ventilanschluss (58), der zweite Ventilanschluss (59), der dritte Ventilanschluss (61) und der vierte Ventilanschluss (62) jeweils in Form einer Öffnung angeordnet ist; und
- der einen Ventilrotor (92) aufweist;

wobei der Ventilrotor (92):

- zwischen der ersten Schaltstellung und der zweiten Schaltstellung im Ventilkörper (90) rotierbar ist;
- formschlüssig gegenüber einem Ventillinnenraum (91) in den Ventilkörper (90) eingebracht ist;
- einen ersten Durchlass (93) in Form eines Hohlraumes aufweist, der in der ersten Schaltstellung den ersten Ventilanschluss (58) mit dem zweiten Ventilanschluss (59) verbindet und in der zweiten Schaltstellung den zweiten Ventilanschluss (59) mit dem dritten Ventilanschluss (61) verbindet; und
- einen zweiten Durchlass (94) in Form eines Hohlraumes aufweist, der in der ersten Schaltstellung den dritten Ventilanschluss (61) mit dem vierten Ventilanschluss (62) verbindet und in der zweiten Schaltstellung den ersten Ventilanschluss (58) mit dem vierten Ventilanschluss (63) verbindet.

20. Vorrichtung (01) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Ventilanschluss (58), der zweite Ventilanschluss (59), der dritte Ventilanschluss (61) und der vierte Ventilanschluss (62) des Doppelventils (51; 82) in einer Ebene und auf einem Kreis angeordnet sind sowie auf dem Kreis gleichmäßig verteilt sind, wobei zwischen zwei benachbarten Ventilanschlüssen (58, 59; 61, 62) jeweils ein Winkel von 90° gegeben ist; wobei der Ventilrotor (92) ausschließlich der beiden Durchlässe (93; 94) eine Zylinderform aufweist, die in eine Zylinderform des Ventilinnenraumes (90) eingebracht ist, und eine Rotorwelle (96) zur Übertragung eines Drehmomentes auf den Ventilrotor (92) aufweist, die durch den Ventilkörper (90) nach außen geführt ist; und wobei der erste Durchlass (93) und der zweite Durchlass (94) jeweils durch eine seitliche Ausnehmung am Ventilrotor (92) gebildet sind.

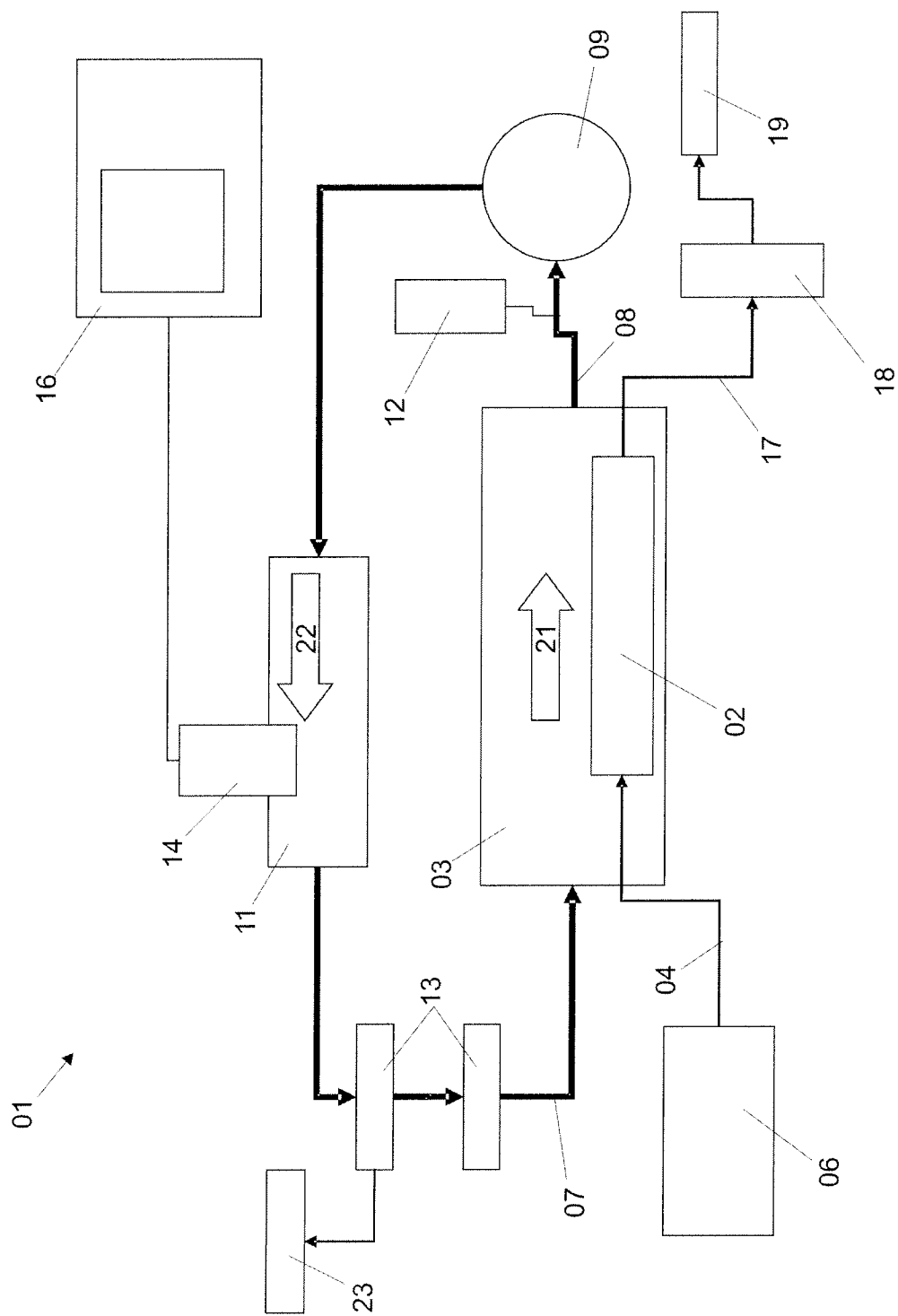


Fig. 1

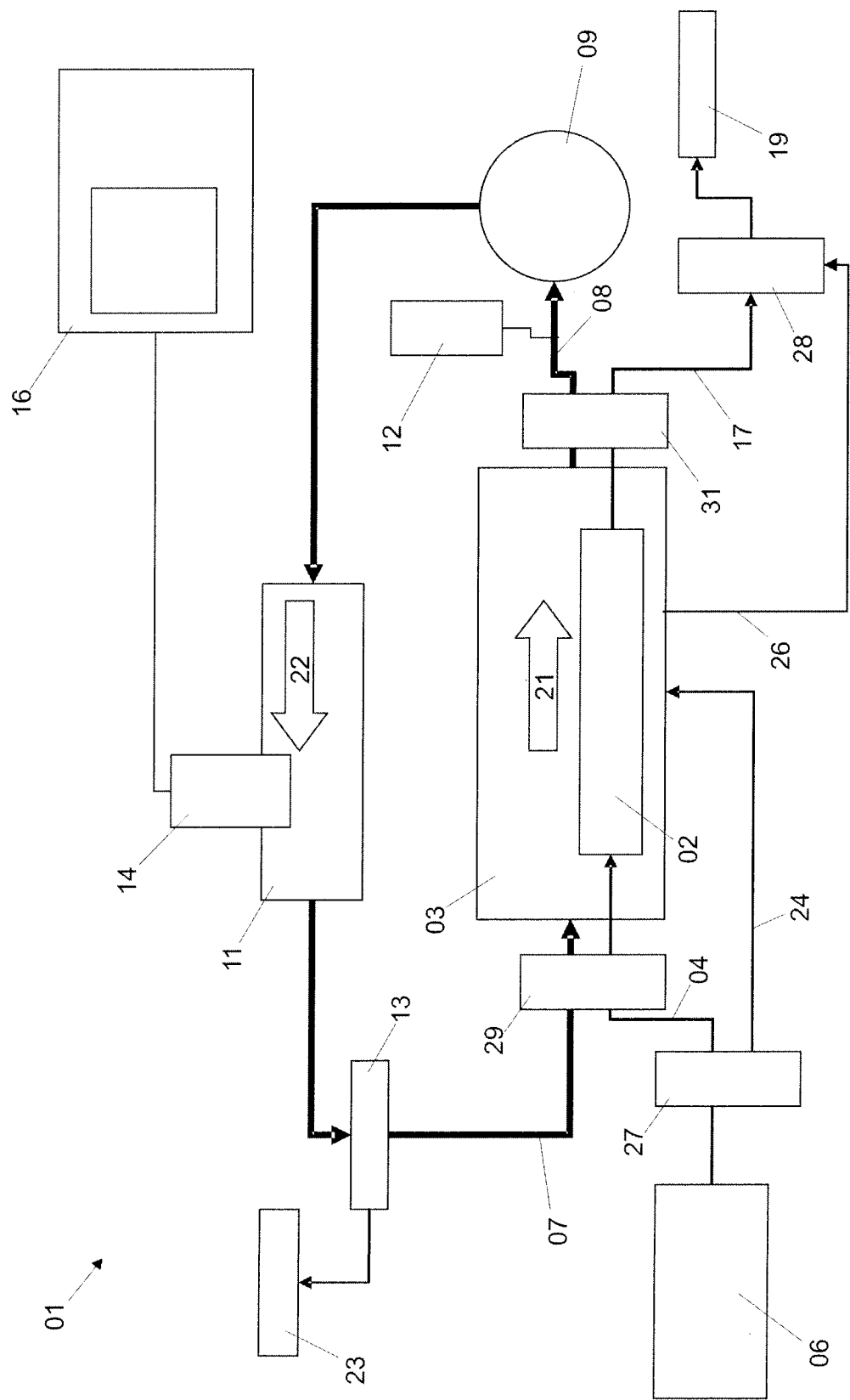


Fig. 2

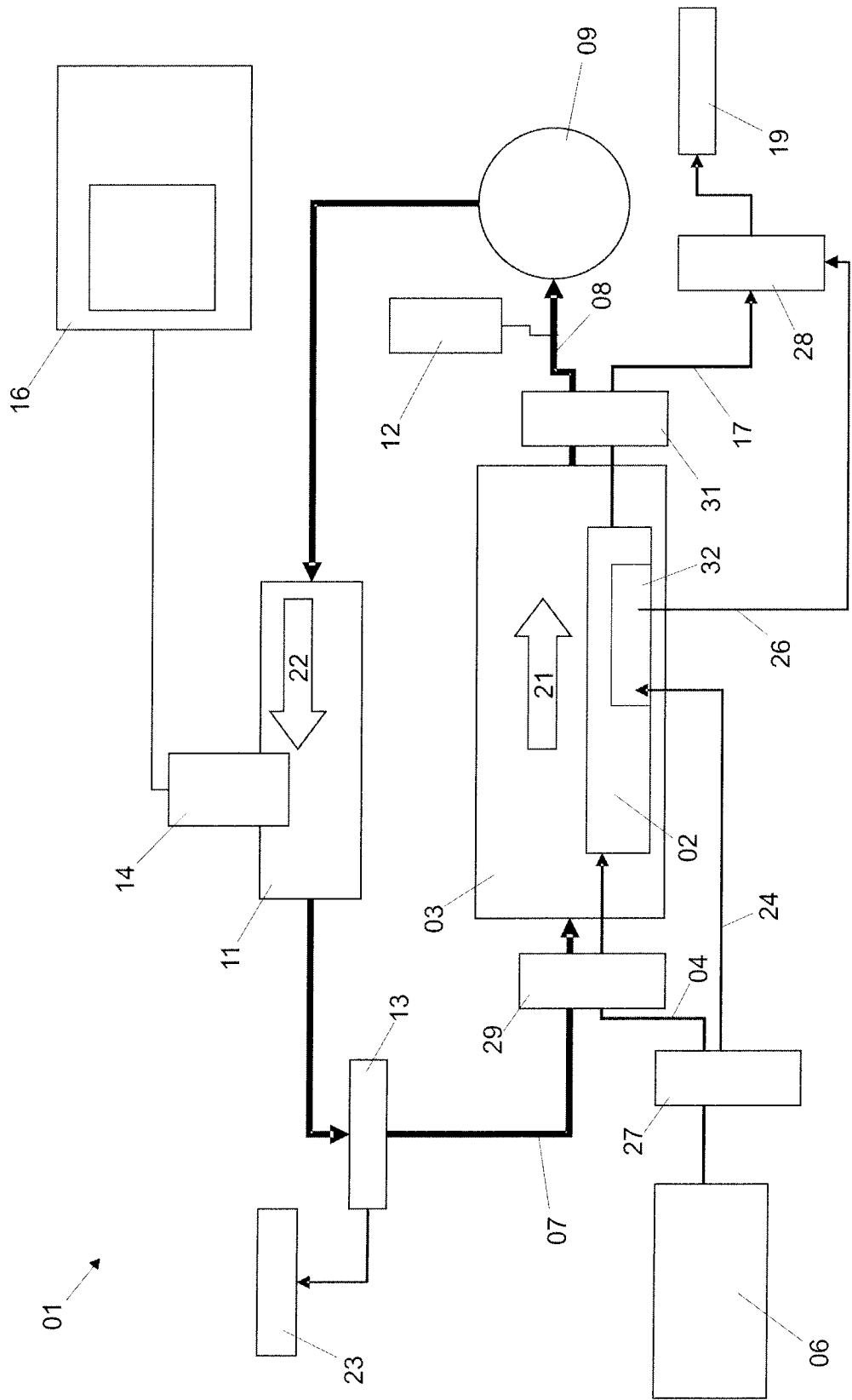


Fig. 3

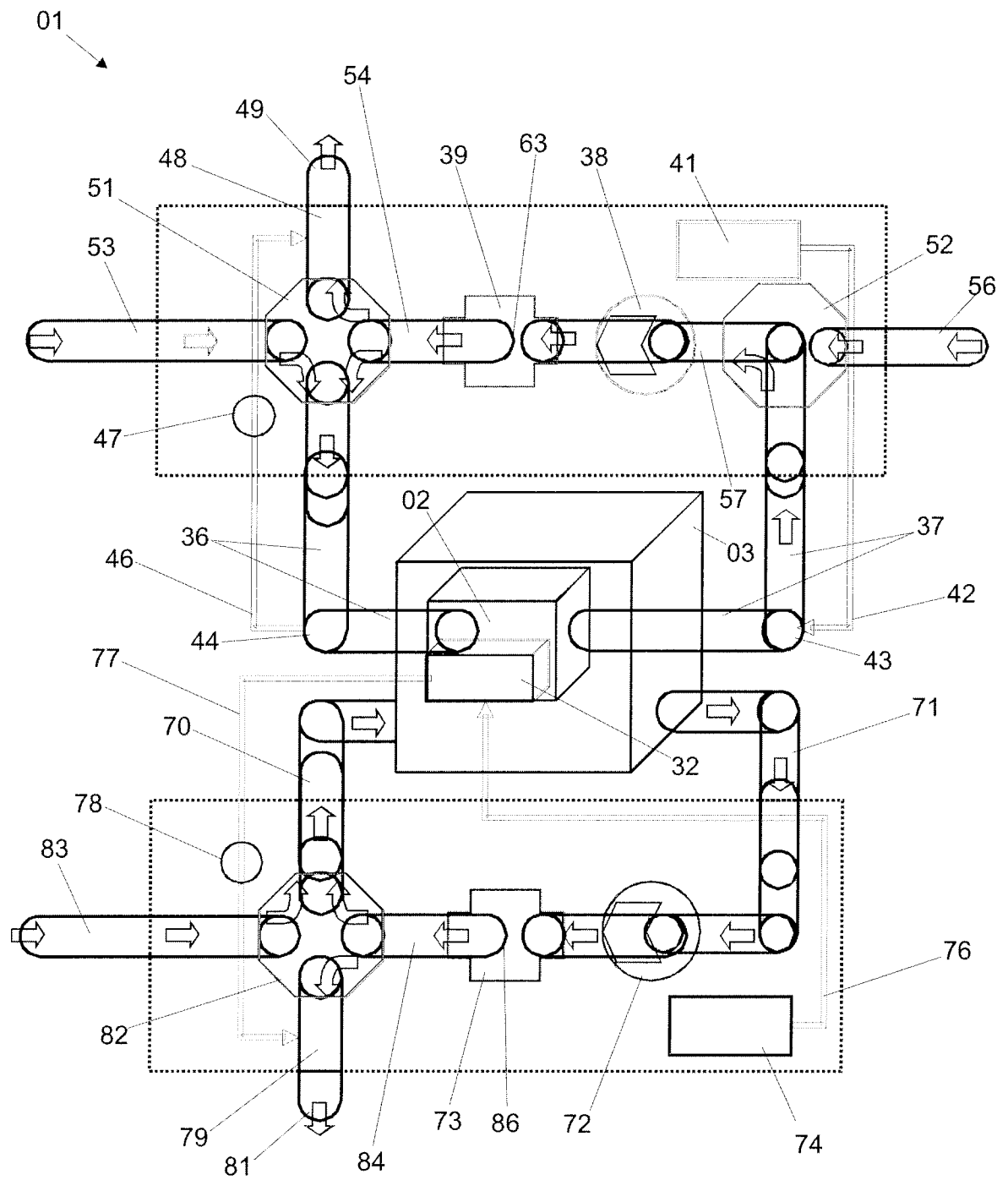
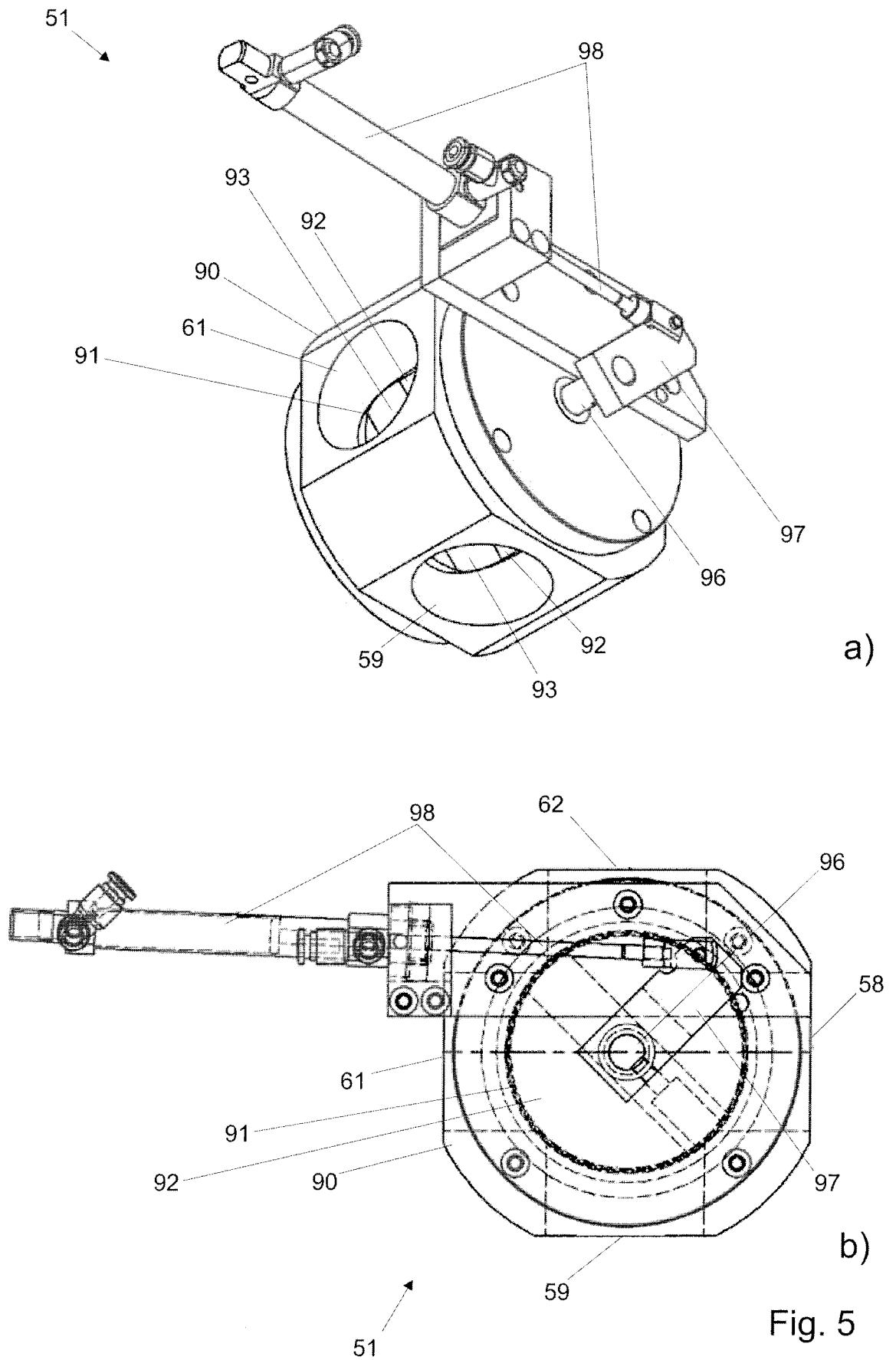


Fig. 4



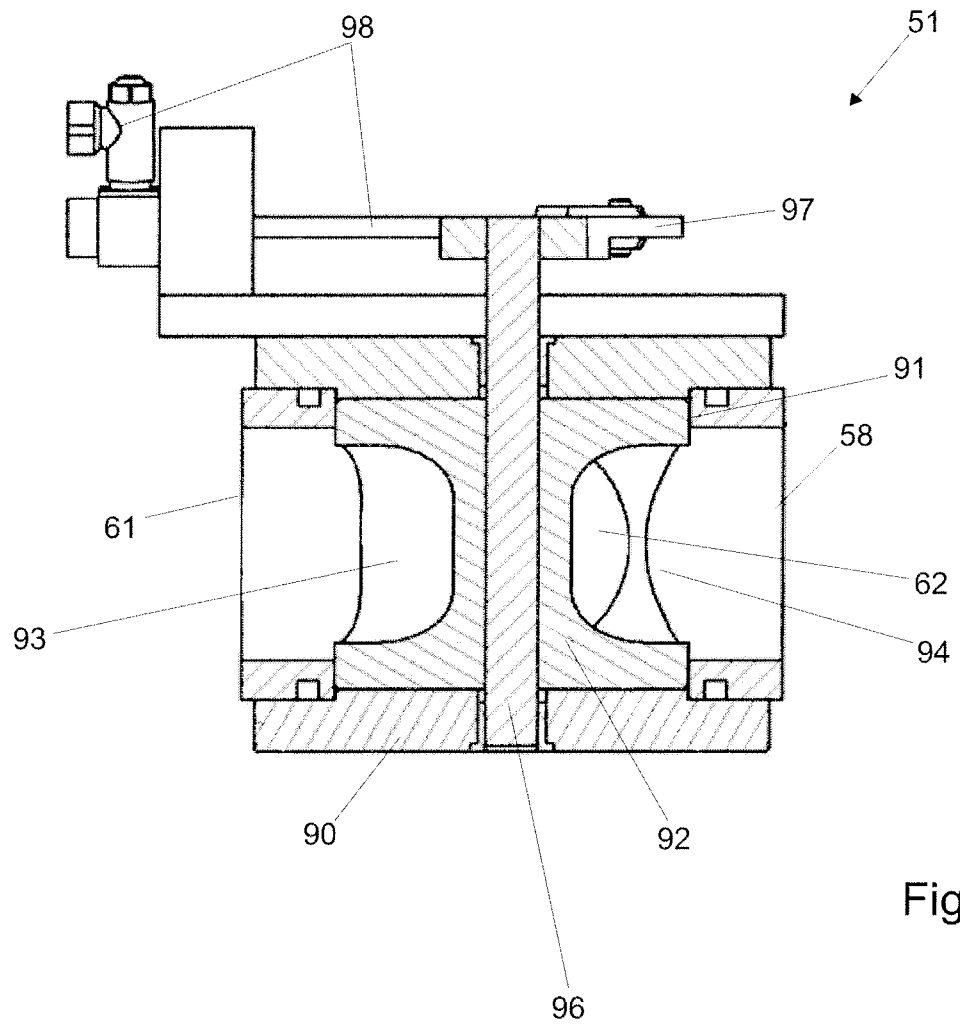


Fig. 6