



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 018 193 A1** 2005.11.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 018 193.7**

(22) Anmeldetag: **19.04.2005**

(43) Offenlegungstag: **10.11.2005**

(51) Int Cl.7: **F16J 12/00**

(30) Unionspriorität:
60/564,605 23.04.2004 US

(74) Vertreter:
Bittner und Kollegen, 85049 Ingolstadt

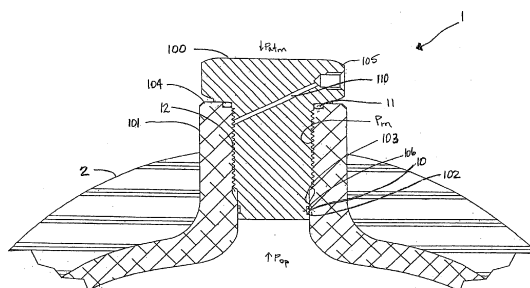
(71) Anmelder:
Dynetek Industries Ltd., Calgary, CA

(72) Erfinder:
Jupp, David J., Alberta, CA

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Dichtungssystem und Verfahren zur Bestimmung der Unversehrtheit einer Dichtung**

(57) Zusammenfassung: Ein Dichtungssystem für eine Hochdruck-Brennstoffflasche weist eine Innendichtung und eine Außendichtung auf, die einen Einsatz in einem Hals der Flasche abdichten. Permeationsraten als Folge der Differenzdrücke über den Dichtungen werden über beide Innen- und Außendichtungen ausgeglichen, um in einem Zwischenraum zwischen den Dichtungen einen konstanten Druck beizubehalten. Die Permeation wird durch geeignete Auswahl von Dichtungsmaterialien oder der Dichtungsgeometrie ausgeglichen oder durch Vorsehen einer Druckentlastungsvorrichtung an dem Zwischenraum, um einen sich in dem Zwischenraum aufgebauten zu hohen Druck jenseits eines gewünschten Zwischendrucks abzulassen. Indem man den Zwischendruck niedriger als den Flaschendruck und höher als den Atmosphärendruck hält, resultiert dies in geringeren Druckdifferenzen über den Dichtungen, was die Lebensdauer der Dichtungen verlängert. Ein Druckschalter oder -messer ist vorgesehen, um den Druck in dem Zwischenraum zu überwachen. Änderungen in dem Druck sind ein Indiz auf ein Leck in einer der oder beiden Dichtungen.



Beschreibung

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Diese Anmeldung ist eine reguläre Anmeldung, die die Priorität der US-Provisional-Patentanmeldung Nr. 60/564,605 beansprucht, die am 23. April 2004 eingereicht wurde, deren Gesamtheit hierin unter Bezugnahme aufgenommen wird.

GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Ausführungen der Erfindung beziehen sich auf Dichtungssysteme für Druckgefäße, und insbesondere auf Dichtungssysteme für Hochdruck-Brennstoffflaschen bzw. -zylinder, und enthalten darüber hinaus Mittel, um die Unversehrtheit der Dichtung zu erhalten und zu überwachen.

Stand der Technik

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0003] Hochdruckflaschen sind bekannt, typischerweise zum Tragen und Zuführen alternativer Kraftstoffe zu Fahrzeugen, wie etwa Druckerddgas-(CNG)-Fahrzeugen und für Wasserstoffbrennstoffzellen. Aufgrund der strengen Sicherheitsanforderungen für solche Gefäße ist es erwünscht, Systeme zum Abdichten der Nabe oder des Halses des Gefäßes bereitzustellen, die robust und in der Lage sind, den hohen Druck in den Flaschen beizubehalten, ohne der Gefahr einer Leckage.

[0004] Typischerweise werden herkömmliche Flaschen an einem Außenaspekt des Halses mittels einer Stirndichtung abgedichtet, um für eine Abdichtung zwischen einem Einsatz, wie etwa einem Stopfen oder einer Ventilanordnung, und der Flasche zu sorgen. Die Dichtung ist so berechnet, dass sie in der Lage ist, zumindest den maximalen Druck in dem Zylinder zu halten. Sollte jedoch die Dichtung ausfallen, würden die Inhalte des Gefäßes in die Atmosphäre abgelassen, was einen Brennstoffverlust aus der Flasche bewirkt und eine Brandgefahr hervorruft, insbesondere, wenn sich das Fahrzeug in einer umschlossenen Struktur befindet, wie etwa einer Garage. Der Ausfall der Dichtung erfolgt typischerweise ohne Warnung und kann in einer Situation resultieren, wo ein Fahrzeug ohne ausreichenden Kraftstoff liegen bleibt. In den meisten Fällen bemerkt der Bediener ein solches Leck oder einen Ausfall der Dichtung nicht, bis bereits ein signifikanter Anteil des Brennstoffs in der Flasche entwichen ist.

[0005] Bei einem in den Medien berichteten Vorfall rief Toyota eine Anzahl von Brennstoffzellenfahrzeugen infolge einer Leckage zurück. Der Anmelder glaubt, dass dies als ein Leck an der Ventil-Flaschengrenze bestimmt wurde und bei der Prüfung dies auf den Ausfall eines O-Rings zurückgeführt wurde.

[0006] Herkömmliche Dichtungen, die in Hochdruck-Brennstoffflaschen verwendet werden, unterliegen hohen Druckdifferenzen über der Dichtung zwischen der Hochdruckinnenseite der Flasche in der Höhe von 700 bar (10 000 psi) für Wasserstoffspeicherflaschen und der Atmosphäre. Die hohe Druckdifferenz hat die Wirkung, die Lebensdauer der Dichtung zu reduzieren, trotz der Anwendung hochwirksamer Dichtungsmaterialien.

[0007] Die Automobilindustrie hat versucht, für eine zuverlässigere Abdichtung zu sorgen, durch Verwendung unterschiedlicher Dichtungsmaterialien, Dichtungstypen und Dichtungsstopfbüchsen-Konfigurationen. Ferner sind mit Dichtpaste oder -band kombinierte verjüngte Gewinde verwendet worden, um eine Leckage zu verhindern, wobei aber der Anmelder glaubt, dass dies in dem Flaschenhals eine zusätzliche Umfangsspannung hervorruft.

Aufgabenstellung

[0008] Im Idealfall ist ein Dichtungssystem für Hochdruck-Brennstoffflaschen in der Lage, großen Druckdifferenzen über verlängerte Lebensdauern zu widerstehen, ohne dass ein häufiger Austausch erforderlich ist, und ist noch bevorzugter mit einem Mittel zum Erfassen des Dichtungsausfalls ausgestattet, bevor der Inhalt der Flasche nach außen gelangt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] In einer Ausführung verwendet eine besondere Vorrichtung, ein Verfahren und ein System zur Abdichtung eines hohen Drucks von einem geringeren Druck, wie etwa einer Hochdruck-Brennstoffflasche vor Atmosphärendruck, eine Innendichtung, die durch einen Zwischenraum von einer Außendichtung mit Abstand angeordnet ist. Ein Zwischendruck wird in dem Zwischenraum gehalten, um die Druckdifferenz über sowohl die Innendichtung als auch die Außendichtung zu reduzieren und so die Lebensdauer der Dichtung zu verlängern.

[0010] Typischerweise ist der Zwischenraum um einen Einsatz herum ausgebildet, der innerhalb eines Halses der Hochdruck-Brennstoffflaschen sitzt, und die Innen- und Außendichtungen dichten zwischen dem Einsatz und dem Flaschenhals ab.

[0011] In einer anderen Ausführung ist ein Mittel zum Überwachen des Zwischendrucks mit dem Zwischenraum fluidmäßig verbunden, um die Erfassung von Änderungen in dem Zwischendruck zu gestatten, die ein Leck der Innen- und/oder Außendichtung anzeigt.

[0012] Daher umfasst, in einem breiten Aspekt von Ausführungen der Erfindung, ein Verfahren zum Abdichten eines Fluids bei einem ersten hohen Druck von einem zweiten niedrigeren Druck: Vorsehen einer Innendichtung, die in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten; Vorsehen einer Außendichtung, die in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten, wobei die Außendichtung mit Abstand von der Innendichtung angeordnet ist, um dazwischen einen Zwischenraum zu bilden, wobei der Zwischenraum einen Zwischendruck hat, der niedriger ist als der erste hohe Druck und höher als der zweite niedrigere Druck; und Vorsehen eines Mittels zum Beibehalten des Zwischendrucks in dem Zwischenraum, um eine Druckdifferenz an der Innendichtung zu reduzieren.

[0013] In einem anderen breiten Aspekt von Ausführungen der Erfindung umfasst eine Vorrichtung zum Abdichten eines Fluids bei einem ersten hohen Druck von einem zweiten niedrigeren Druck: eine Innendichtung, die in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten; eine Außendichtung, die in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten, wobei die Außendichtung mit Abstand von der Innendichtung angeordnet ist, um dazwischen einen Zwischenraum zu bilden, wobei der Zwischenraum einen Zwischendruck aufweist, der niedriger ist als der erste hohe Druck und höher als der zweite niedrigere Druck; und ein Mittel zum Beibehalten des Zwischendrucks in dem Zwischenraum, um eine Druckdifferenz an der Innendichtung zu reduzieren.

[0014] Ferner umfasst in einem anderen breiten Aspekt von Ausführungen der Erfindung ein System, das dazu ausgelegt ist, einen Hals in einer Hochdruckflasche abzudichten und die Unversehrtheit der Dichtung anzuzeigen: einen Einsatz, der dazu ausgelegt ist, in den Hals eingesetzt zu werden; eine Innendichtung, die dazu ausgelegt ist, zwischen dem Einsatz und dem Hals angeordnet zu werden, und in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten; eine Außendichtung, die dazu ausgelegt ist, zwischen dem Einsatz und dem Hals angeordnet zu werden, und dazu ausgelegt ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten, wobei die Außendichtung mit Abstand von der Innendichtung angeordnet ist, um dazwischen einen Zwischenraum zu bilden, wobei der Zwischenraum einen Zwischendruck hat, der niedriger ist als der erste hohe Druck und höher als der zweite niedrigere Druck; ein Mittel zum Beibehalten des Zwischendrucks in dem Zwischenraum, um eine Druckdifferenz an der Innendichtung zu reduzieren; und ein Mittel zum Überwachen des Zwischendrucks, das mit dem Zwischenraum fluidmäßig verbunden ist, um eine Änderung in dem Zwischendruck zu erfassen, die ein Hinweis auf fehlende Unversehrtheit der Innendichtung, der Außendichtung oder beider ist.

[0015] Bevorzugt wird der Zwischendruck beibehalten, indem ein Einstrom und Ausstrom aus dem Zwischenraum im Gleichgewicht gehalten wird, typischerweise als Folge einer Permeation über und unter die Innen- und Außendichtungen. Die Permeation wird ausgeglichen durch Auswahl eines Dichtungsmaterials für die Innen- und Außendichtungen und die Druckdifferenz, durch Auswahl der Dichtungsgeometrie für die Innen- und Außendichtungen oder durch Bereitstellen einer Druckentlastungsvorrichtung, die mit dem Zwischenraum fluidmäßig verbunden ist, um Druck daraus abzulassen.

[0016] Das Mittel zum Überwachen des Drucks in dem Zwischenraum kann jedes geeignete Drucküberwachungsmittel sein, wie etwa ein Druckschalter oder ein mechanischer Druckmesser, der mit dem Zwischenraum fluidmäßig verbunden ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0017] [Fig. 1](#) ist eine Teilschnittansicht einer Ausführung der vorliegenden Erfindung, die eine Innendichtung und eine Außendichtung zwischen einem Einsatz und einem Flaschenhals darstellt und eine optionale Überwachungsöffnung zur Bestimmung der Unversehrtheit der Dichtungen aufweist;

[0018] [Fig. 2a](#) – [Fig. 2c](#) sind Maß-Schnittansichten gemäß [Fig. 1](#), welche die Bearbeitung des Flaschenhalsses zur Aufnahme eines Einsatzes darstellen, unter Verwendung des Dichtungssystems einer Ausführung der vorliegenden Erfindung, und insbesondere ist

[0019] [Fig. 2a](#) eine Schnittansicht des Flaschenhalsses;

[0020] [Fig. 2b](#) eine Detailschnittansicht eines äußeren Ventilsitzes; und

[0021] [Fig. 2c](#) eine Detailansicht einer Verjüngung oder Abschrägung benachbart einer inneren Dichtoberfläche, um das Einsetzen des Einsatzes in Dichteingriff mit dem Flaschenhals zu gestatten; und

[0022] [Fig. 3a](#) – [Fig. 3c](#) stellen einen Stopfeneinsatz dar, der zum Einsetzen in den Flaschenhals gemäß den [Fig. 2a](#) – [Fig. 2c](#) ausgelegt ist, und insbesondere ist

[0023] [Fig. 3a](#) eine Seitenansicht des Stopfeneinsatzes;

[0024] [Fig. 3b](#) eine Detailschnittansicht einer Ringnut benachbart einem Bodenende des Stopfeneinsatzes zur Aufnahme der Innendichtung und eines Stützrings;

[0025] [Fig. 3c](#) eine Draufsicht auf die Oberseite des Stopfeneinsatzes;

[0026] [Fig. 3d](#) eine Teilschnittansicht eines Einsatzes, die Parameter zur Berechnung einer Barriere Dicke darstellt;

[0027] [Fig. 4](#) ist eine schematische Darstellung der Beziehung zwischen Permeation und Differenzdruck zwischen den Innen- und Außendichtungen; und

[0028] [Fig. 5](#) ist eine schematische Darstellung einer Schnittansicht eines Einsatzes gemäß einer Ausführung der Erfindung und der Drücke an und zwischen den Dichtungen zwischen dem Einsatz und einer Struktur, die ein Fluid bei hohem Druck enthält.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNG

[0029] Ausführungen der Erfindung werden hierin im Kontext von Hochdruckflaschen bzw. -zylindern beschrieben, die in Brennstofffahrzeugen verwendet werden. Ein Fachmann würde verstehen, dass die hierin beschriebene Dichtungsanordnung auf jede Situation anwendbar ist, worin Gase in Gefäßen bei hohem Druck gespeichert werden.

[0030] In Bezug auf die [Fig. 1](#) – [Fig. 5](#) ist ein System **1** zum zuverlässigen Abdichten einer Hochdruckflasche **2** gezeigt. Das System **1** umfasst eine Innendichtung **10**, die einem ersten hohen Druck P_{op} ausgesetzt ist, und eine Außendichtung **11**, die einem zweiten niedrigeren Druck, wie etwa Atmosphärendruck P_{atm} , ausgesetzt ist, wobei jede Dichtung **10**, **11** in der Lage ist, den gewünschten Betriebsdruck oder ersten hohen Druck P_{op} der Flasche **2** für ein interessierendes Gas zu halten, einschließlich, jedoch nicht beschränkt auf verdichtetes Erdgas und verdichteten Wasserstoff. Obwohl hierin der Kontext der Trennung eines hohen Drucks vom Atmosphärendruck diskutiert wird, sind Ausführungen der Erfindungen auch auf jede Anordnung anwendbar, die einen hohen Druck von einem niedrigeren Druck trennt.

[0031] In Bezug auf die [Fig. 1](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) sind die Innen- und Außendichtungen **10**, **11** ausgewählt, um einen Zwischendruck P_m , der niedriger ist als der erste hohe Druck P_{op} der Flasche **2**, in einem Zwischenraum **12** zwischen den Innen- und Außendichtungen **10**, **11** beizubehalten. Eine Wirkung des Zwischendrucks P_m ist es, die Druckdifferenz $P(P_{op} - P_m)$ an der Innendichtung **10** zu reduzieren, was die Lebensdauer der Innendichtung **10** verlängert.

[0032] Die Dichtungspermeabilität ist ein Faktor, der zu berücksichtigen ist, wenn man versucht, den Druck P_m zwischen den Innen- und Außendichtungen **10, 11** beizubehalten. Die Dichtungspermeabilität ist primär von zwei Faktoren abhängig, einem Material, aus dem die Dichtung **10, 11** hergestellt ist, und einer Geometrie der Dichtung **10, 11** selbst. Sie ist in den Tabellen A und B gezeigt, teilweise wiedergegeben jeweils aus Peacock, R. N. "Practical selection of elastomer materials for vacuum seals", Journal of Vacuum Science Technology, Band 17, Nr. 1 (Januar/Februar 1980): 330-336 und Parker Seals, Parker O-Ring Handbuch, Tabelle 3-19, Gas Permeability Rates, Seiten 3-27 – 3-35, Parker Hannifin Corporation, 2360 Palumbo Drive, Lexington, KY 40509, USA, deren Gesamtheit hierin unter Bezugnahme aufgenommen wird, wobei unterschiedliche Elastomere unterschiedliche Gaspermeabilitätsraten für unterschiedliche Brennstofftypen haben.

Tabelle A

Polymer	Helium (K X 10 ⁸)	Stickstoff (K X 10 ⁸)	Sauerstoff (K X 10 ⁸)	Kohlendioxid (K X 10 ⁸)	Wasser (K X 10 ⁸)
Fluoroelastomer	9 - 16	0,05 - 0,3	1,0 - 1,1	5,8 - 6,0	40
Buna-N	5,2 - 6	0,2 - 2,0	0,7 - 6,0	5,7 - 48	760
Buna-S	18	4,8 - 5	13	94	1800
Neopren	10 - 11	0,8 - 1,2	3 - 4	19 - 20	1400
Butyl	5,2 - 8	0,24 - 0,35	1,0 - 1,3	4 - 5,2	30 - 150
Polyurethan	--	0,4 - 1,1	1,1 - 3,6	10 - 30	260 - 9500
Propyl	---	7	20	90	--
Silicon	--	--	76 - 460	460 - 2300	8000
TEFLON™	--	0,14	0,04	0,12	27
KEL-T™	--	0,004 - 0,3	0,02 - 0,7	0,04 - 1	--
Polyimid	1,9	0,03	0,1	0,2	--

K = Permeationskonstante in $\text{qcms}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{cmatm}^{-1}$

Tabelle B

Gas oder Flüssigkeit	Elastomer	Temperatur °C	Temperatur °F	Permeabilität (1)
Acetylen	Butyl	25	77	1,26
Acetylen	Butyl	50	122	5,74
Acetylen	natürlich	25	77	74,5
Acetylen	natürlich	50	122	192
Acetylen	Nitril	25	77	18,7
Acetylen	Nitril	50	122	67,4
Wasserstoff	Butadien	25	77	31,6
Wasserstoff	Butadien	50	122	76
Wasserstoff	Butyl (B0318-70)	35	95	16,1
Wasserstoff	Butyl (B0318-70)	82	180	68,2
Wasserstoff	Butyl (B0318-70)	124	255	273
Wasserstoff	Ethylen Propylen	38	100	28,9 - 111
Wasserstoff	Ethylen Propylen	40	104	111
Wasserstoff	Ethylen Propylen (E0529-65)	38	100	45,3
Wasserstoff	Ethylen Propylen (E0529-75)	93	200	187 - 544
Wasserstoff	Ethylen Propylen	94	202	544
Wasserstoff	Ethylen Propylen (E0529-65)	94	201	252
Wasserstoff	Ethylen Propylen (E0529-75)	152	306	599 - 1730
Wasserstoff	Ethylen Propylen	155	311	1730
Wasserstoff	Ethylen Propylen (E0529-65)	151	304	591
Wasserstoff	Ethylen Propylen (E0529-75)	93	200	160
Wasserstoff	Fluorkohlenstoff-Viton™	38	100	180
Wasserstoff	Neopren	38	100	10,3 - 32,1
Wasserstoff	Nitril	39	103	11,9
Wasserstoff	Nitril (N0741-75)	79	175	47,0 - 125
Wasserstoff	Nitril	80	176	88,2
Wasserstoff	Nitril (N0741-75)	121	250	98,8 - 330
Wasserstoff	Polyacrylat (A0607-70)	38	100	49,6
Wasserstoff	Polyacrylat (A0607-70)	91	195	174
Wasserstoff	Polyacrylat (A0607-70)	153	307	927
Wasserstoff	Polysulfid	25	77	102
Wasserstoff	Polyurethan (P0642-70)	39	103	19,3
Wasserstoff	Polyurethan (P0642-90)	39	102	4,89
Wasserstoff	Polyurethan (P0642-70)	66	151	70,4
Wasserstoff	Polyurethan (P0642-90)	67	152	21,3
Wasserstoff	Polyurethan (P0642-70)	94	202	155
Wasserstoff	SBR	25	77	30,1
Wasserstoff	SBR (G0244-70)	38	101	46,2
Wasserstoff	SBR (G0244-70)	84	183	245
Wasserstoff	SBR (G0244-70)	122	251	539
Wasserstoff	Silicon	Raum		1880 - 488
Wasserstoff	Silicon	25	77	495
Wasserstoff	Silicon (S0684-70)	39	103	1010
Wasserstoff	Silicon	93	200	1570 - 2070
Wasserstoff	Silicon (S0684-70)	91	195	2070
Wasserstoff	Silicon	149	300	3300 - 8760
Wasserstoff	Silicon (S0684-70)	156	313	4300
Wasserstoff	FEP PTFE	-74	-101	0,0113
Wasserstoff	FEP PTFE	-46	-51	0,180

Gas oder Flüssigkeit	Elastomer	Temperatur °C	Temperatur °F	Permeabilität (1)
Wasserstoff	FEP PTFE	-18	0	1,05
Wasserstoff	FEP PTFE	10	50	3,90
Wasserstoff	FEP PTFE	25	77	9,89
Wasserstoff	FEP PTFE	38	100	10,1
Wasserstoff	FEP PTFE	50	122	24,7
Wasserstoff	FEP PTFE	66	151	22,5
Wasserstoff	FEP PTFE	75	167	49,5
Wasserstoff	FEP PTFE	100	212	89,9
Wasserstoff	FEP PTFE	25	77	17,8
Wasserstoff	FEP PTFE	30	86	42,0
Wasserstoff	FEP PTFE	50	122	63,8
Methan	Butadien	25	77	9,77
Methan	Butyl	25	77	0,56
Methan	Fluorkohlenstoff	30	86	0,12
Methan	natürlich	25	77	22,7
Methan	Neopren	25	77	2,6
Methan	Nitril	25	77	2,4
Methan	Silicon	25	77	705
Methan	Silicon	30	86	443
Methan	FEP PTFE	25	77	0,702 - 0,83
Methan	FEP PTFE	30	86	1,05
Methan	FEP PTFE	50	122	2,02
Methan	FEP PTFE	75	167	4,50
Methan	FEP PTFE	100	212	8,99
Methan	FEP PTFE	30	86	1,13
Methan	FEP PTFE	50	122	3,0
Propan	Butadien	25	77	22 - 40,5
Propan	Butyl	25	77	1,28
Propan	natürlich	25	77	126
Propan	Neopren	25	77	5,4
Propan	Polysulfid	25	77	1,09
Propan	Silicon	25	77	3080

(1) Std cc cm/cm²sec.bar

[0033] Ferner kann, wie in den folgenden Formeln aufgezeigt, die Permeation in Abhängigkeit von dem gewählten Material oder von der Geometrie oder Größe der durch die Dichtung **10**, **11** gebildeten Barriere für ein bestimmtes Material errechnet werden. Permeation ist definiert als der Durchtritt eines Gases unter einem Druck p_1 durch und aus einem Festmaterial durch Diffusion und Lösung zu der Niederdruckseite. Wenn man einen Gleichgewichtszustand annimmt, kann die Gaspermeationsrate mittels der folgenden Formel errechnet werden:

$$Q = KA \frac{(P_1 - P_2)}{d} \quad [1]$$

wobei K = Permeationskonstante $\left[\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{cm}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{atm}} \right]$

- A = Fläche der Barriere [cm²]
- P_1 = hochseitiger Druck [atm]
- P_2 = niederseitiger Druck [atm]
- d = Barrieredicke [cm].

[0034] Wenn zum Beispiel das zu speichernde Gas Helium ist, kann die Permeationsrate aus einem 2000"-Durchgang an einer 350-bar-Flasche unter Verwendung einer Nitril-(Buna-N)-Dichtung mittels der folgenden Werte in der obigen Gleichung geschätzt werden:

Durchschnittliche Permeationskonstante für Heliumgas durch Nitril-(Buna-N):

$$K = 5,6 \times 10^{-8} \left[\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{cm}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{atm}} \right]$$

[0035] Die Fläche der Barriere ist:

$$A = \pi \cdot D \cdot t = \pi \cdot 5,44 \cdot 0,27 = 4,6 \text{ cm}^2$$

[0036] Die hoch- und niederseitigen Drücke sind:

$$P_1 = 345 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

[0037] Die Barrieredicke, wie in [Fig. 3d](#) gezeigt, ist:

$$d = 0,36 \text{ cm.}$$

[0038] Wenn man die obigen Werte in die Permeationsratengleichung einsetzt, erhält man:

$$Q = 5,6 \times 10^{-8} \left[\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{cm}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{atm}} \right] \cdot \frac{4,6 \text{ cm}^2 (345 - 1) \text{ atm}}{0,36 \text{ cm}} = 2,46 \times 10^{-4} \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 0,88 \frac{\text{cm}^3}{\text{hr}}$$

[0039] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung sind, zur Verwendung in einer 700 bar-(10 000 psi)-Flasche **2**, die Innen- und Außendichtungen **10**, **11** so ausgewählt oder konfiguriert, dass sie einen maximalen Zwischendruck P_m von 350 bar (5 000 psi) in dem Zwischenraum **12** dazwischen aufrechterhalten, um hierdurch die Druckdifferenz P an der Innendichtung **10** signifikant zu reduzieren. Jede der Dichtungen **10**, **11** ist ausgewählt, so dass sie in der Lage ist, den vollen Betriebsdruck oder ersten hohen Druck P_{op} von 700 bar (10 000 psi) zu halten, so dass bei einem Ausfall der Innendichtung **10** der Inhalt der Flasche **2** nicht in die Atmosphäre entweicht. Die Innen- und Außendichtungen **10**, **11** sind jedoch so ausgewählt, dass die Permeation über die Innendichtung **10** durch die Permeation an der Außendichtung **11** kompensiert oder ausgeglichen wird, um hierdurch den geringeren Zwischendruck P_m dazwischen effizient beizubehalten.

[0040] Optional kann, wie in [Fig. 5](#) gezeigt, eine kleine Öffnung **200** von dem Zwischenraum **12** zur Atmosphäre vorgesehen sein und ggf. mit einer Druckentlastungsvorrichtung **201** ausgestattet sein, um eine gesteuerte Druckfreigabe zwischen den Dichtungen **10**, **11** zu gestatten, um den gewünschten Zwischendruck P_m dazwischen beizubehalten.

[0041] Wie in den [Fig. 1](#), [Fig. 2a](#) – [Fig. 2c](#) und [Fig. 3a](#) – [Fig. 3c](#) gezeigt, ist die Innendichtung typischerweise eine Umfangsdichtung **10**, wobei die Umfangsdichtung **10** zum Abdichten zwischen einem Einsatz **100**, der in einen Hals **101** der Flasche **2** geschraubt ist, und dem Hals **101** angeordnet ist. Bevorzugt ist die Umfangsdichtung **10** in eine Ringnut **102** in dem Einsatz **100** eingesetzt, zur Abdichtung gegenüber einer polierten Dichtoberfläche **103** des Flaschenhalses **101**. Der Flaschenhals **101** ist bearbeitet, um für eine geeignete Dichtoberfläche **103** zu sorgen, um jegliche Leckage aufgrund schlechter Abdichtung dazwischen zu verhindern. Die Außendichtung **11** ist mit Abstand von der Innendichtung **10** angeordnet und ist bevorzugt eine Kompressionsdichtung **11** in Dichteingriff zwischen einem Ende **104** des Halses **101** und einer Oberseite **105** des Einsatzes **100**. Die Konfiguration der Dichtungen **10**, **11** ist für die hierin offenbarten Ausführungen der Erfindung nicht kritisch, und daher können beide Innen- und Außendichtungen **10**, **11** Umfangsdichtungen, Kompressionsdichtungen oder dgl. sein.

[0042] Bevorzugt ist ein Stützring **106** benachbart der Innendichtung **10** und in der Ringnut **102** angeordnet. Der Stützring **106** ist typischerweise aus einem Material wie etwa Nitril hergestellt, das ein größeres Durometer-Maß hat als die Innendichtung **10**, um eine Oberfläche bereitzustellen, gegen die die Dichtung **10** komprimiert werden kann, und um ein Herausdrücken der Dichtung **10** aus der Ringnut **102** zu verhindern. Der Stützring **106** kann ein Spaltring oder ein verformbarer Ring sein.

[0043] In der bevorzugten Ausführung, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, ist ein Überwachungskanal **110** vorgesehen, der einen Zugang zu dem Zwischenraum **12** zwischen den Dichtungen **10**, **11** hat und mit diesem fluidmäßig verbunden ist. Der Überwachungskanal **110** dient zur Aufnahme eines Instruments der Überwachung der Unversehrtheit der Innen- und Außendichtungen **10**, **11**. Sollte aufgrund des Zwischendrucks P_m zwischen den In-

nen- und Außendichtungen **10**, **11**, der auf einem geringeren Druck als dem ersten hohen Druck P_{op} in der Flasche **2** gehalten wird, die Innendichtung **10** lecken oder vollständig ausfallen, zeigt bevorzugt der Zwischendruck P_m zwischen den Innen- und Außendichtungen **10**, **11** eine messbare Druckänderung und einen Anstieg zum Gleichgewicht mit dem ersten hohen Druck P_{op} innerhalb der Flasche **2**, wobei der Anstieg an dem Überwachungskanal **110** erfassbar ist. Bevorzugt ist ein Mittel zum Überwachen des Drucks (nicht gezeigt), wie etwa ein Druckschalter, ein mechanischer Druckmesser oder ein anderer Druckanzeiger mit dem Überwachungskanal **110** fluidmäßig verbunden, um den Zwischendruck P_m zwischen den Innen- und Außendichtungen **10**, **11** fortlaufend zu überwachen.

[0044] Wenn ferner aus irgendeinem Grund die Außendichtung **11** ausfallen sollte, anstatt die Innendichtung **10**, würde die Änderung oder der Abfall im Zwischendruck P_m beobachtet, und es würde ein Signal erzeugt, dass eine Wartung erforderlich ist. In beiden Fällen würde die Redundanz in der Dichtungsanordnung erlauben, dass die Flasche **2** und letztendlich ein Fahrzeug (nicht gezeigt), dem die Flasche **2** Brennstoff zuführt, in Benutzung bleiben, bis sie außer Betrieb genommen und die Innen- und Außendichtungen **10**, **11** ersetzt werden können.

[0045] Optional kann eine zusätzliche Vorrichtung (nicht gezeigt), wie etwa eine Berstscheibe, ein An-Aus-Ventil, Gas-Sensoren, Strömungsbegrenzer oder -regler, Druckregler, Rückschlagventile oder Gasfilter in dem Überwachungskanal **110** sitzen.

[0046] In einer Ausführung der Erfindung, worin der Einsatz **100** und der Flaschenhals **101** mittels Aluminium hergestellt sind, sind Gewinde **120**, die zum Einschrauben des Einsatzes **100** in den Hals **101** verwendet werden, nicht selbst zentrierend, um scharfe Kanten zu vermeiden, die dazu führen können, dass sich der Einsatz **100** während des Anbringens oder Entfernens an dem Hals **101** festfrisst. Ferner ist die Dichtoberfläche **103** poliert, um etwaige spiralförmige oder radiale Werkzeugmarkierungen, Kratzer oder Rillen zu beseitigen, welche die Abdichtung hierzu beeinträchtigen würden.

[0047] Ein zusätzlicher Vorteil davon, die Innendichtung **10** in dem Hals **101** der Flasche **2** zu positionieren, wird während der Herstellung von Hochdruckflaschen **2** realisiert, die als Teil des Herstellungsprozesses einer Autofrettage unterzogen werden. Autofrettage-Drücke haben das Potential, eine Verformung des Halses **101** der Flasche **2** hervorzurufen, und daher hat die Positionierung einer Dichtung **10** an der Innenoberfläche benachbart dem Innenraumabschnitt des Zylinders **2** die Wirkung, den Hals **101** vor dem hohen Druck P_{op} zu schützen, wobei teure Nacharbeiten des Halses **101** oder eine Beschädigung der Flasche **2** verhindert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abdichten eines Fluids bei einem ersten hohen Druck von einem zweiten niedrigeren Druck, umfassend:

Vorsehen einer Innendichtung, die in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck zu dem zweiten niedrigeren Druck abzudichten;

Vorsehen einer Außendichtung, die ebenfalls in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck von dem zweiten niedrigeren Druck abzudichten, wobei die Außendichtung mit Abstand von der Innendichtung angeordnet ist, um dazwischen einen Zwischenraum zu bilden; und

Beibehalten eines Zwischendrucks in dem Zwischenraum, wobei der Zwischendruck niedriger ist als der erste hohe Druck und höher als der zweite niedrigere Druck, wobei der Zwischendruck in dem Zwischenraum dazu dient, eine Druckdifferenz an der Innendichtung zu reduzieren.

2. Verfahren wie in Anspruch 1 beschrieben, worin das Beibehalten des Zwischendrucks umfasst, einen Einstrom von Fluid in und einen Ausstrom aus dem Zwischenraum auszugleichen.

3. Verfahren wie in Anspruch 2 beschrieben, worin der Einstrom in und der Ausstrom aus dem Zwischenraum ein Ergebnis von Permeation über die Innen- und Außendichtungen ist, ferner umfassend:

Auswählen einer Innendichtung aus einem Material, das eine erste Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem hohen Druck und dem Zwischendruck aufweist; und

Auswählen einer Außendichtung aus einem Material, das eine zweite Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem Zwischendruck und dem niedrigeren Druck aufweist, wobei die ersten und zweiten Permeationsraten ausgeglichen sind, um den Zwischendruck beizubehalten.

4. Verfahren wie in Anspruch 2 beschrieben, worin der Einstrom in und der Ausstrom aus dem Zwischenraum ein Ergebnis einer Permeation über die Innen- und Außendichtungen ist, ferner umfassend:

Auswählen einer Innendichtung, die eine Geometrie aufweist, die in einer ersten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem hohen Druck und dem Zwischendruck resultiert; und
Auswählen einer Außendichtung, die eine Geometrie aufweist, die in einer zweiten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem Zwischendruck und dem niedrigeren Druck resultiert,
wobei die ersten und zweiten Permeationsraten ausgeglichen sind, um den Zwischendruck beizubehalten.

5. Verfahren wie in Anspruch 2 beschrieben, worin der Einstrom in und der Ausstrom aus dem Zwischenraum ein Ergebnis von Permeation über die Innen- und Außendichtungen ist, ferner umfassend:
Auswählen einer Innendichtung, die ein Material und eine Geometrie aufweist, die in einer ersten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem hohen Druck und dem Zwischendruck resultieren; und
Auswählen einer Außendichtung, die ein Material und eine Geometrie aufweist, die in einer zweiten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem Zwischendruck und dem niedrigeren Druck resultieren;
wobei die ersten und zweiten Permeationsraten ausgeglichen sind, um den Zwischendruck beizubehalten.

6. Verfahren wie in Anspruch 1 beschrieben, ferner umfassend:
Überwachen des Zwischendrucks in dem Zwischenraum; und
Erfassen einer Änderung in dem Zwischendruck als Indiz fehlender Unversehrtheit der Innendichtung, der Außendichtung oder beider.

7. Verfahren wie in Anspruch 2 beschrieben, worin das Beibehalten des Zwischendrucks umfasst: Ermöglichen einer gesteuerten Druckfreigabe aus dem Zwischenraum, um die Permeation über der Innendichtung auszugleichen.

8. Verfahren wie in Anspruch 7 beschrieben, ferner umfassend: fluidmäßiges Verbinden einer Druckentlastungsvorrichtung mit dem Zwischenraum, um die gesteuerte Druckfreigabe aus dem Zwischenraum zu erlauben, um die Permeation über der Innendichtung auszugleichen.

9. Vorrichtung zum Abdichten eines Fluids bei einem ersten hohen Druck von einem zweiten niedrigeren Druck, umfassend:
eine Innendichtung, die in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten;
eine Außendichtung, die in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten, wobei die Außendichtung mit Abstand von der Innendichtung angeordnet ist, um dazwischen einen Zwischenraum zu bilden;
wobei der Zwischenraum einen Zwischendruck aufweist, der niedriger ist als der erste hohe Druck und höher als der zweite niedrigere Druck; und
ein Mittel zum Beibehalten des Zwischendrucks in dem Zwischenraum, um eine Druckdifferenz an der Innendichtung zu reduzieren.

10. Vorrichtung wie in Anspruch 9 beschrieben, worin das Mittel zum Beibehalten des Zwischendrucks einen Einstrom und Ausstrom aus dem Zwischenraum ausgleicht.

11. Vorrichtung wie in Anspruch 10 beschrieben, worin der Einstrom in und der Ausstrom aus dem Zwischenraum ein Ergebnis von Permeation über die Innen- und Außendichtungen ist, ferner umfassend:
ein Innendichtungsmaterial, das eine erste Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem hohen Druck und dem Zwischendruck aufweist; und
ein Außendichtungsmaterial, das eine zweite Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem Zwischendruck und dem niedrigeren Druck aufweist, wobei die ersten und zweiten Permeationsraten ausgeglichen sind, um den Zwischendruck beizubehalten.

12. Vorrichtung wie in Anspruch 10 beschrieben, ferner umfassend:
ein Innendichtungsmaterial und eine Innendichtungsgeometrie, die in einer ersten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem hohen Druck und dem Zwischendruck resultieren; und
ein Außendichtungsmaterial und eine Außendichtungsgeometrie, die in einer zweiten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem Zwischendruck und dem niedrigeren Druck resultieren, wobei die ersten und zweiten Permeationsraten ausgeglichen sind, um den Zwischendruck beizubehalten.

13. Vorrichtung wie in Anspruch 10 beschrieben, ferner umfassend:
eine Innendichtungsgeometrie, die in einer ersten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem hohen Druck und dem Zwischendruck resultiert; und
eine Außendichtungsgeometrie, die in einer zweiten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem

Zwischendruck und dem niedrigeren Druck resultiert, wobei die ersten und zweiten Permeationsraten ausgeglichen sind, um den Zwischendruck beizubehalten.

14. Vorrichtung wie in Anspruch 9 beschrieben, ferner umfassend:
ein Mittel zum Überwachen des Zwischendrucks, das mit dem Zwischenraum fluidmäßig verbunden ist, um eine Änderung in dem Zwischendruck als Indiz fehlender Unversehrtheit der Innendichtung, der Außendichtung oder beider zu erfassen.

15. Vorrichtung wie in Anspruch 10 beschrieben, worin das Mittel zum Beibehalten des Zwischendrucks eine Druckentlastungsvorrichtung ist, die mit dem Zwischenraum fluidmäßig verbunden ist, um eine gesteuerte Druckfreigabe daraus zu ermöglichen, um die Permeation über der Innendichtung auszugleichen.

16. Vorrichtung wie in Anspruch 14 beschrieben, worin das Mittel zum Überwachen des Zwischendrucks in dem Zwischenraum ein Druckschalter ist.

17. Vorrichtung wie in Anspruch 14 beschrieben, worin das Mittel zum Überwachen des Zwischendrucks in dem Zwischenraum ein mechanischer Druckmesser ist.

18. Vorrichtung wie in Anspruch 9 beschrieben, worin die Innen- und Außendichtungen dazu ausgelegt sind, eine Öffnung in einer Struktur, die den ersten hohen Druck aufnimmt, abzudichten.

19. Vorrichtung wie in Anspruch 18 beschrieben, ferner umfassend:
einen Einsatz, der dazu ausgelegt ist, in die Öffnung in der Struktur eingesetzt zu werden, wobei die Innen- und Außendichtungen zwischen dem Einsatz und der Struktur abdichten.

20. Vorrichtung wie in Anspruch 19 beschrieben, worin die Innendichtung eine Umfangsdichtung ist, die zum Sitz innerhalb einer Ringnut in dem Einsatz ausgelegt ist; und die Außendichtung eine Kompressionsdichtung ist, die zum Positionieren in Dichtanordnung zwischen dem Einsatz und der Struktur ausgelegt ist.

21. Vorrichtung wie in Anspruch 20 beschrieben, worin die Struktur eine Hochdruckflasche mit einem Flaschenhals ist, worin
die Innendichtung eine Umfangsdichtung ist, die zum Sitz innerhalb einer Ringnut in dem Einsatz ausgelegt ist; und
die Außendichtung eine Kompressionsdichtung ist, die zum Positionieren in Dichtanordnung zwischen dem Einsatz und einer Oberseite des Flaschenhalses ausgelegt ist.

22. Vorrichtung wie in Anspruch 21 beschrieben, ferner umfassend einen Stützring, der zum Einsetzen in die Ringnut benachbart der Innendichtung ausgelegt ist, um die Innendichtung auf Kompression dagegen zu stützen und um ein Herausdrücken aus der Ringnut zu verhindern.

23. Vorrichtung wie in Anspruch 18 beschrieben, worin das Mittel zum Überwachen des Zwischendrucks dazu ausgelegt ist, mit dem Zwischenraum durch einen in der Struktur gebildeten Überwachungskanal fluidmäßig verbunden zu werden.

24. System, das zum Abdichten eines Halses in einer Hochdruckflasche und zum Anzeigen der Unversehrtheit der Dichtung ausgelegt ist, umfassend:
einen Einsatz, der zum Einsetzen in den Hals ausgelegt ist;
eine Innendichtung, die zur Positionierung zwischen dem Einsatz und dem Hals ausgelegt ist und in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten;
eine Außendichtung, die zur Positionierung zwischen dem Einsatz und dem Hals ausgelegt ist und in der Lage ist, das Fluid bei dem ersten hohen Druck abzudichten, wobei die Außendichtung mit Abstand von der Innendichtung angeordnet ist, um dazwischen einen Zwischenraum zu bilden, wobei der Zwischenraum einen Zwischendruck aufweist, der niedriger ist als der erste hohe Druck und höher als der zweite niedrigere Druck;
ein Mittel zum Beibehalten des Zwischendrucks in dem Zwischenraum, um eine Druckdifferenz an der Innendichtung zu reduzieren; und
ein Mittel zum Überwachen des Zwischendrucks, das mit dem Zwischenraum fluidmäßig verbunden ist, um eine Änderung in dem Zwischendruck als Indiz fehlender Unversehrtheit der Innendichtung, der Außendichtung oder beider zu erfassen.

25. System wie in Anspruch 24 beschrieben, worin das Mittel zum Beibehalten des Zwischendrucks einen

Einstrom und Ausstrom aus dem Zwischenraum ausgleicht.

26. System wie in Anspruch 25 beschrieben, worin der Einstrom in und der Ausstrom aus dem Zwischenraum ein Ergebnis von Permeation über die Innen- und Außendichtungen ist, ferner umfassend: ein Innendichtungsmaterial, das eine erste Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem hohen Druck und dem Zwischendruck aufweist; und ein Außendichtungsmaterial, das eine zweite Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem Zwischendruck und dem niedrigeren Druck aufweist, wobei die ersten und zweiten Permeationsraten ausgeglichen sind, um den Zwischendruck beizubehalten.

27. System wie in Anspruch 25 beschrieben, ferner umfassend: eine Innendichtungsgeometrie, die in einer ersten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem hohen Druck und dem Zwischendruck resultiert; und eine Außendichtungsgeometrie, die in einer zweiten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem Zwischendruck und dem niedrigeren Druck resultiert, wobei die ersten und zweiten Permeationsraten ausgeglichen sind, um den Zwischendruck beizubehalten.

28. System wie in Anspruch 25 beschrieben, ferner umfassend: ein Innendichtungsmaterial und eine Innendichtungsgeometrie, die in einer ersten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem hohen Druck und dem Zwischendruck resultieren; und ein Außendichtungsmaterial und eine Außendichtungsgeometrie, die in einer zweiten Permeationsrate bei einer Druckdifferenz zwischen dem Zwischendruck und dem niedrigeren Druck resultieren, wobei die ersten und zweiten Permeationsraten ausgeglichen sind, um den Zwischendruck beizubehalten.

29. System wie in Anspruch 24 beschrieben, worin das Mittel zum Beibehalten des Zwischendrucks eine Druckentlastungsvorrichtung ist, die mit dem Zwischenraum fluidmäßig verbunden ist, um eine gesteuerte Druckfreigabe daraus zu ermöglichen, um die Permeation über der Innendichtung auszugleichen.

30. System wie in Anspruch 24 beschrieben, worin das Mittel zum Überwachen des Zwischendrucks in dem Zwischenraum ein Druckschalter ist.

31. System wie in Anspruch 24 beschrieben, worin das Mittel zum Überwachen des Zwischendrucks in dem Zwischenraum ein mechanischer Druckmesser ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

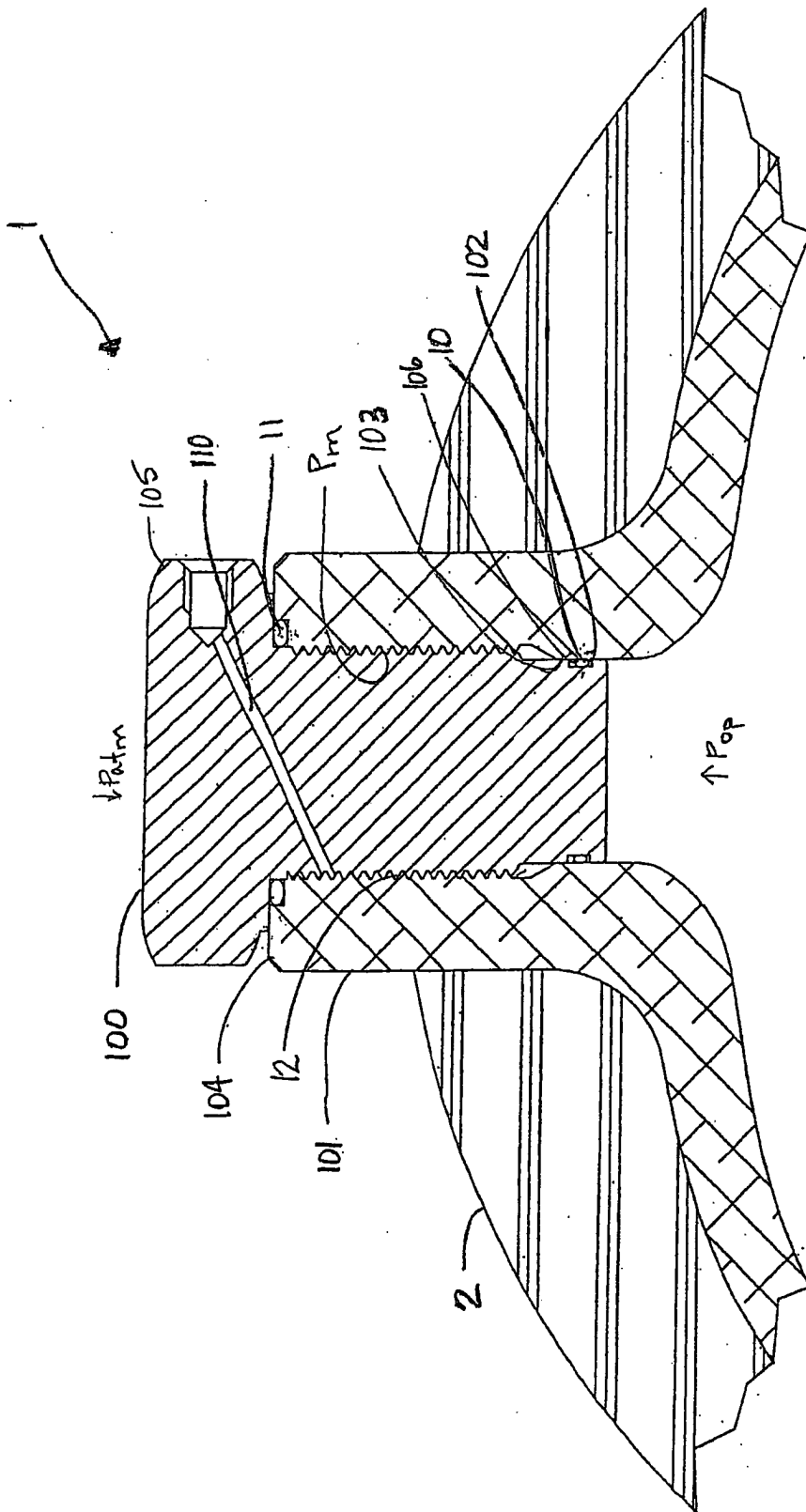


Fig. 1

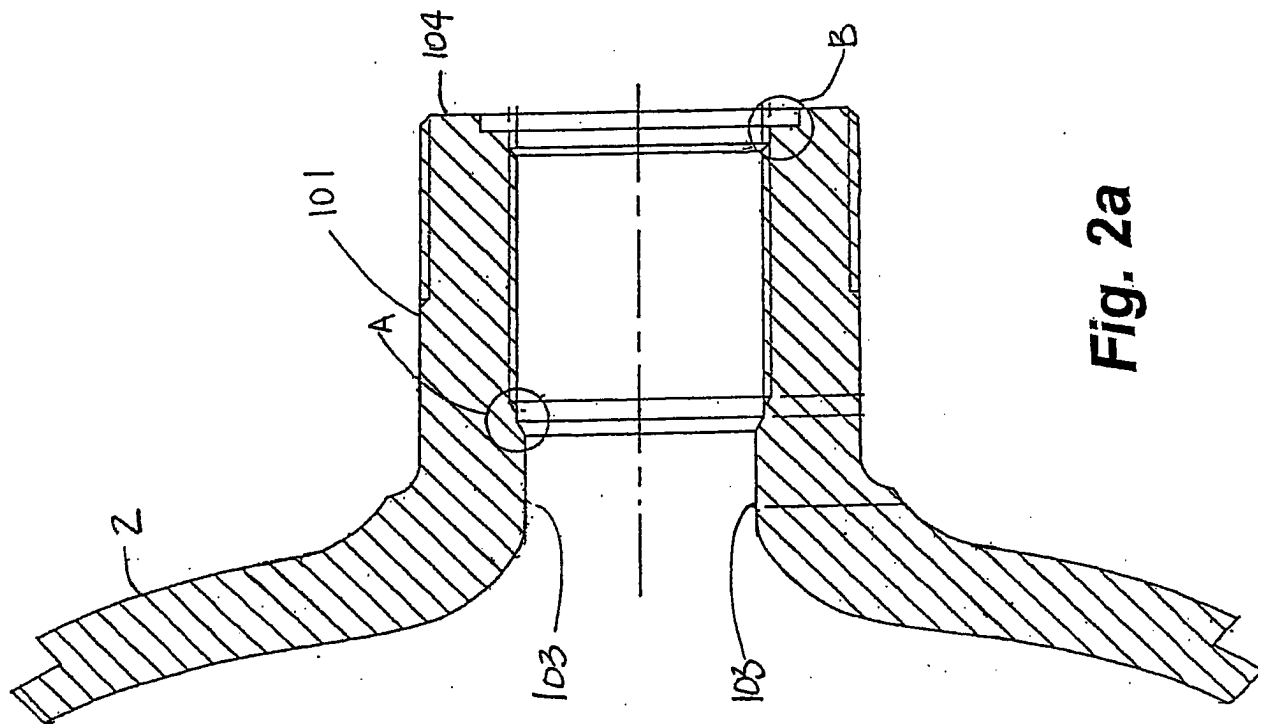
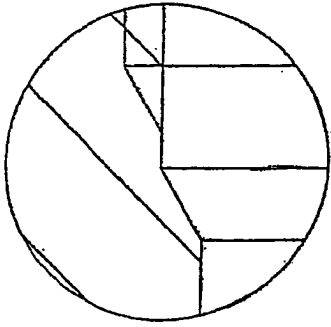
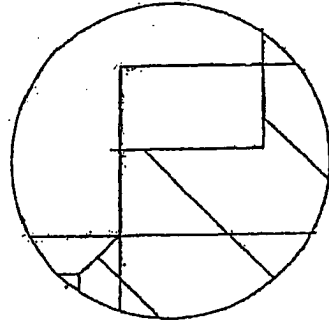


Fig. 2a



DETAIL A:

Fig. 2c



DETAIL B

Fig. 2b

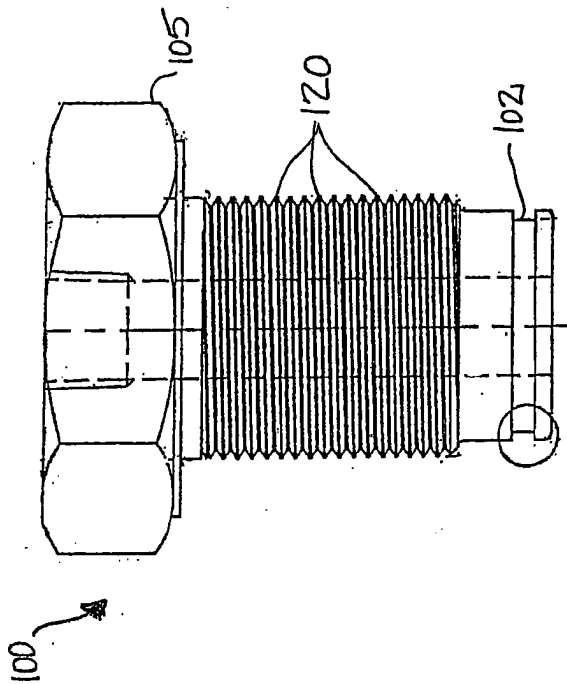


Fig. 3a

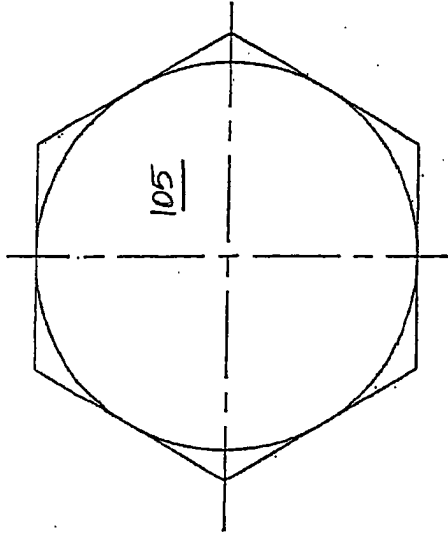


Fig. 3c

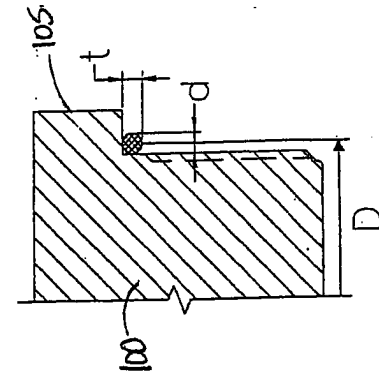
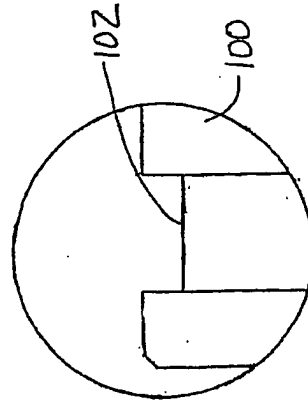


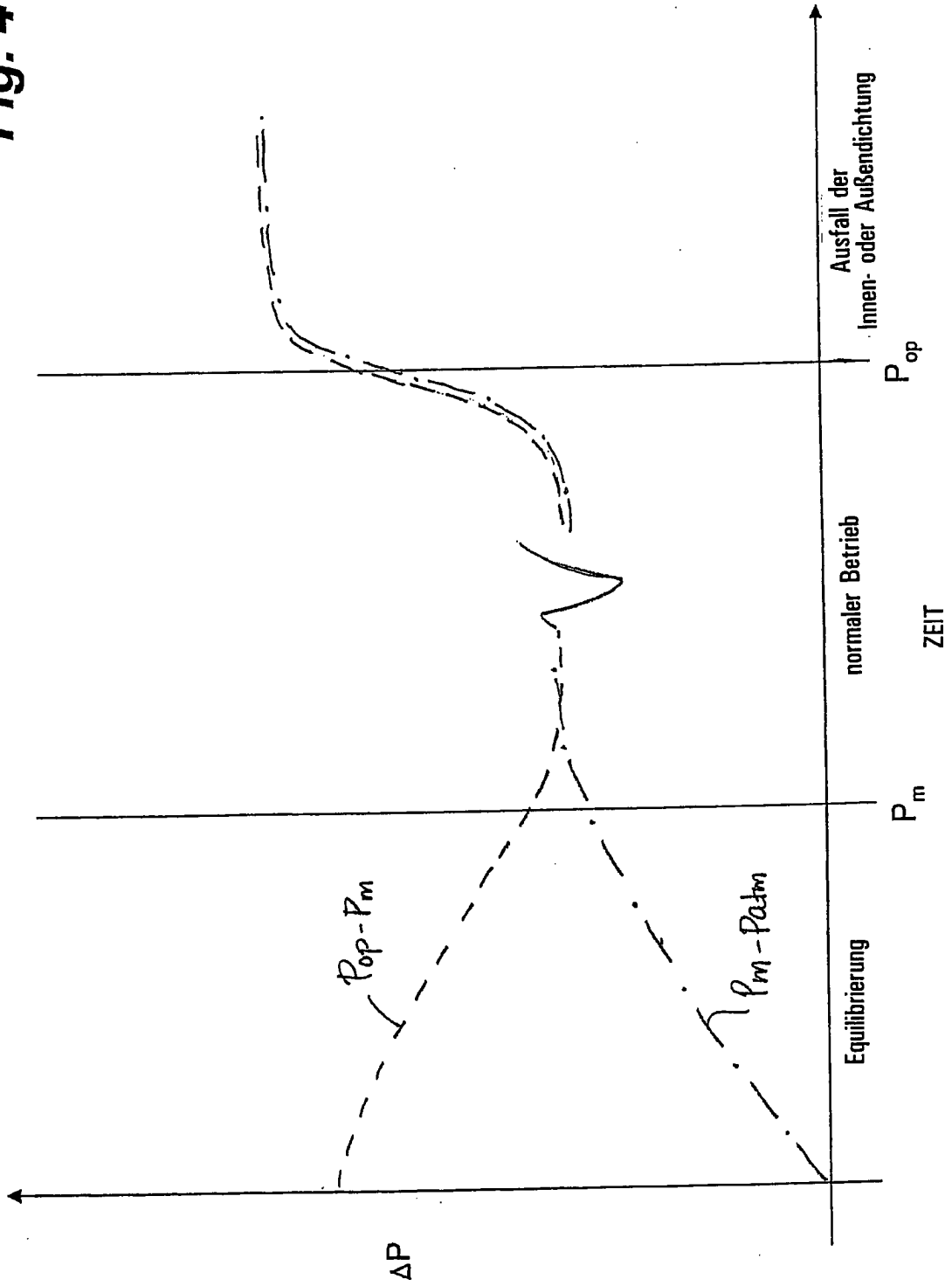
Fig. 3d



DETAIL A

Fig. 3b

Fig. 4



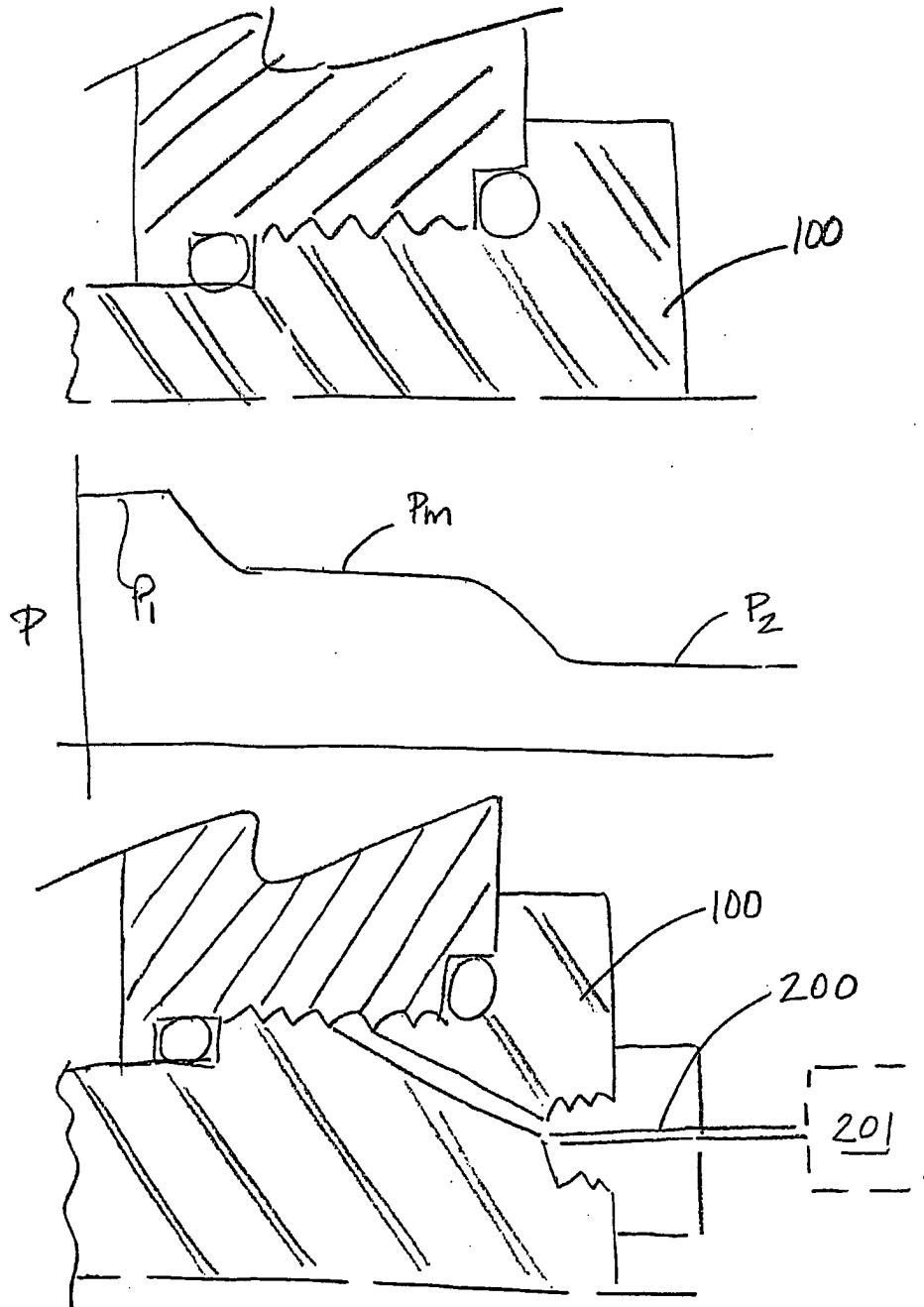


Fig. 5