



(10) **DE 10 2009 055 149 A1** 2011.06.30

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 055 149.2**

(22) Anmeldetag: **22.12.2009**

(43) Offenlegungstag: **30.06.2011**

(51) Int Cl.: **G01L 19/06 (2006.01)**

G01L 13/02 (2006.01)

G01L 9/12 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Endress + Hauser GmbH + Co. KG, 79689,
Maulburg, DE**

(74) Vertreter:

**Andres, Angelika, Dipl.-Phys., 79415, Bad
Bellingen, DE**

(72) Erfinder:

**Philipps, Michael, 79539, Lörrach, DE; Tham, Anh
Tuan, 10243, Berlin, DE; Teipen, Rafael, 10555,
Berlin, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

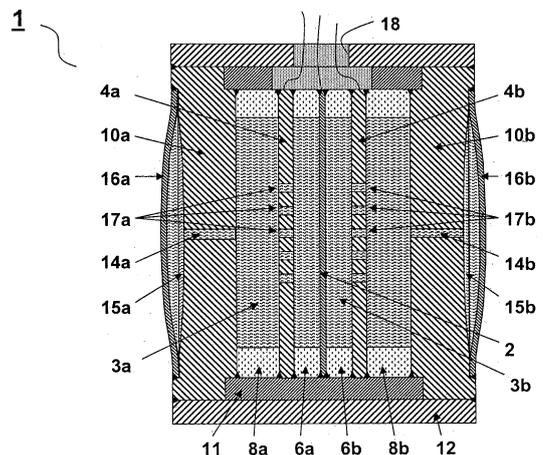
DE	34 36 184	C1
DE	10 2008 019054	A1
DE	10 2006 058927	A1
DE	102 28 618	A1
DE	33 41 735	A1
DD	1 09 073	A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Überlastsicherer, Drucksensor, insbesondere Differenzdrucksensor**

(57) Zusammenfassung: Ein Drucksensor 1 umfasst einen Sensorkörper mit einer Sensorkammer im Inneren, mindestens eine erste Trennmembran 16a, 16b, welche unter Bildung einer ersten Trennmembrankammer 15a, 15b mit dem Sensorkörper verbunden ist; eine Messmembran 2, welche die Sensorkammer in zwei Teilkammern 3a, 3b unterteilt; eine Übertragungsflüssigkeit, mit welcher die erste Trennmembrankammer, die erste Teilkammer und ein Kanal dazwischen gefüllt sind, um einen Druck auf die Messmembran zu übertragen; wobei der Drucksensor für einen Temperaturbereich zwischen einer Minimaltemperatur und einer Maximaltemperatur sowie für einen Druckbereich spezifiziert ist, wobei bei der Minimaltemperatur das Übertragungsflüssigkeitsvolumen in der ersten Teilkammer, dem ersten Kanal und der ersten Trennmembrankammer ausreicht, um über den gesamten Druckbereich den Druck auf die Messmembran zu übertragen, ohne dass die erste Trennmembran zur Anlage kommt, und dass wenn im Überlastfall bei Maximaltemperatur das gesamte Ölvolumen aus der ersten Trennmembrankammer in die erste Teilkammer gelangt, und durch die Messmembran 2 aufgenommen wird, die Messmembran keine plastische Verformung erfährt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft überlastsicheren Drucksensor, insbesondere einen solchen Differenzdrucksensor. Drucksensoren und insbesondere Differenzdrucksensoren sind gewöhnlich für einen Messbereich spezifiziert, in dem sie einen druckabhängigen Messwert bereitstellen, wobei sie im Idealfall eine mehrfache Überlast des spezifizierten Messbereichs ohne Beschädigung des Sensors überstehen sollen. Dies gilt umso mehr für Differenzdrucksensoren, als dort die statischen Drücke, deren Differenz zu ermitteln ist, den Messbereich der zu ermittelnden Differenz durchaus um einen Faktor von beispielsweise tausend übersteigen können, so dass im Falle einer Fehlbedienung, wenn nur eine Seite der Messmembran eines Differenzdruck mit einem statischen Druck beaufschlagt wird, leicht eine tausendfache Überlast entstehen kann. Hiergegen sind die Messmembranen von Differenzdrucksensoren zu schützen.

[0002] Hierzu besteht ein Ansatz in der Bereitstellung von Überlastmembranen, welche zu der Messmembran des Drucksensors in einem hydraulischen Messwerk parallel geschaltet sind, und welche eine größere hydraulische Kapazität aufweisen als die Messmembran des Differenzdrucksensors. Die beiden statischen Drücke, deren Differenz zu ermitteln ist, werden bei solchen Differenzdrucksensoren gewöhnlich über so genannte Prozessmembranen bzw. Trennmembranen, die jeweils über einem Membranbett angeordnet sind, in das Messwerk eingeleitet. Im Falle einer einseitigen Überlast nimmt die Auslenkung der Überlastmembran das Volumen unter der mit der Überlast beaufschlagten Trennmembran auf, bis letztere an ihrem Membranbett zur Anlage kommt, wodurch ein weiterer Druckanstieg an der Messmembran verhindert wird.

[0003] Differenzdruckmessgeräte mit einer solchen Überlastmembran werden beispielsweise von der Anmelderin unter der Bezeichnung Deltabar S und Deltabar M hergestellt und in den Verkehr gebracht.

[0004] Ein anderer Ansatz beruht darauf, ein Membranbett für die Messmembran bereitzustellen, an welchem die Messmembran im Falle einer einseitigen Überlast zur Anlage kommt, wodurch die Messmembran abgestützt wird und von einer Beschädigung geschützt ist.

[0005] Beide Ansätze weisen ihre spezifische Schwächen auf, denn eine Überlastmembran führt in der Regel zu einem größeren hydraulischen Volumen was bei einem gegebenen Druck zu größeren Kräften und damit zu einer aufwendigeren mechanischen Konstruktion führt.

[0006] Eine Abstützung der Messmembran an einem Membranbett, welches beispielsweise eine Kontur aufweist, die der Biegelinie der Messmembran entspricht, ist beispielsweise mit den gängigen kapazitiven Messwandlern nur bedingt kompatibel, da diese gewöhnlich gegenüber einer vollflächigen Elektrode an der Messmembran eine ringförmige Referenzelektrode aufweist, welche eine kreisförmige Messelektrode umgibt, wobei die Messelektrode und die Referenzelektrode in der hohen Lage der Messmembran die gleiche Kapazität gegenüber der Elektrode der Messmembran aufweisen.

[0007] Hierbei weisen die Messelektrode und die Referenzelektrode insbesondere gleichen Abstand zur Messmembran auf. Insoweit ändert sich die Referenzkapazität zwischen der Referenzelektrode und der Elektrode der Messmembran erheblich geringer als die druckabhängige Kapazität zwischen der Messelektrode und der Elektrode der Messmembran, wenn die Messmembran druckabhängig ausgelenkt wird. Diese Annahme gilt nicht mehr, wenn die ringförmige Referenzelektrode und die Messelektrode auf einem Membranbett angeordnet sind, welches eine Kontur aufweist, die durch die Biegelinie der Messmembran vorgegeben ist.

[0008] Zudem besteht die Gefahr, dass eine am Membranbett abgestützte Messmembran nach Wegfallen der Überlast am Membranbett haften bleibt.

[0009] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen überlastfesten Drucksensor bereitzustellen, welcher die Nachteile des Standes der Technik überwindet.

[0010] Der erfindungsgemäße Drucksensor umfasst einen Sensorkörper mit einer Sensorkammer im Inneren, mindestens eine erste Trennmembran, welche unter Bildung einer ersten Trennmembrankammer, mit dem Sensorkörper verbunden ist; eine Messmembran, welche die Sensorkammer in zwei Teilkammern unterteilt; eine Übertragungsflüssigkeit, mit welcher die erste Trennmembrankammer, die erste Teilkammer und ein Kanal dazwischen gefüllt sind, um einen Druck auf die Messmembran zu übertragen; wobei der Drucksensor für einen Temperaturbereich zwischen einer Minimaltemperatur und einer Maximaltemperatur sowie für einen Druckbereich spezifiziert ist, wobei bei der Minimaltemperatur das Übertragungsflüssigkeitsvolumen in der ersten Teilkammer, dem ersten Kanal und der ersten Trennmembrankammer ausreicht, um über den gesamten Druckbereich den Druck auf die Messmembran zu übertragen, ohne dass die erste Trennmembran zur Anlage kommt, und wobei, wenn im Überlastfall bei Maximaltemperatur das gesamte Ölvolumen aus der ersten Trennmembrankammer in die erste Teilkammer gelangt, und durch Messmembran aufgenommen

men wird, die Messmembran keine plastische Verformung erfährt.

[0011] Der erfindungsgemäße Drucksensor umfasst in einer Weiterbildung einen Sensorkörper mit mindestens einem ersten Oberflächenabschnitt, der über einen ersten Kanal mit einer Sensorkammer im Inneren des Sensorkörpers kommuniziert; mindestens eine erste Trennmembran, welche den ersten Oberflächenabschnitt überdeckt und unter Bildung einer ersten Trennmembrankammer entlang eines umlaufenden Randes druckdicht mit dem Sensorkörper verbunden ist; eine Messmembran, welche die Sensorkammer in eine erste Teilkammer und in eine zweite Teilkammer unterteilt; eine Übertragungsflüssigkeit, mit welcher die erste Trennmembrankammer, der erste Kanal und die erste Teilkammer gefüllt sind, um den an der ersten Trennmembran anliegenden Druck über den ersten Kanal und die erste Teilkammer auf eine erste Seite der Messmembran zu übertragen; und einen Wandler zum Erzeugen eines von der Verformung der Messmembran abhängigen elektrischen Signals wobei die Verformung der Messmembran ein Maß für die Differenz zwischen einem ersten Druck in der ersten Teilkammer und einem zweiten Druck in der zweiten Teilkammer ist; wobei der Drucksensor für einen Temperaturbereich zwischen einer minimalen Temperatur und einer maximalen Temperatur spezifiziert ist und wobei der Drucksensor für einen Druckbereich spezifiziert ist, wobei bei der minimalen Betriebstemperatur die Übertragungsflüssigkeit in der ersten Teilkammer, dem ersten Kanal und der ersten Trennmembrankammer noch ein solches Volumen aufweist, dass über den gesamten spezifizierten Druckbereich der erste Druck in die erste Teilkammer eingeleitet werden kann, ohne dass die erste Trennmembran zur Anlage kommt, und dass bei der maximalen Temperatur im Falle einer Überlast die erste Trennmembran gegen den ersten Oberflächenabschnitt des Sensorkörpers gedrückt wird, so dass das gesamte Ölvolumen aus der Trennmembrankammer in die erste Teilkammer gelangt und durch Auslenken der Messmembran aufgenommen wird, wobei die Messmembran keine plastische Verformung erfährt.

[0012] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung gilt:

$$V_{\max} \leq \frac{R^4}{h} \cdot \frac{\pi}{12} \cdot (1 - \nu^2) \cdot \frac{1}{S} \cdot \frac{\sigma_{\max}}{E} \quad (1),$$

mit dem Sicherheitsfaktor $S \geq 1$, wobei V_{\max} das maximale Volumen der Übertragungsflüssigkeit in der Trennmembrankammer in der Ruhelage des Drucksensors ist, wobei R und h der Radius und Stärke der Messmembran sind, wobei ν die Poissonzahl des

Materials der Messmembran ist, wobei σ_{\max} die maximal zulässige Spannung des Materials der Messmembran ist, und wobei E der Elastizitätsmodul des Materials der Messmembran ist. V_{\max} kann insbesondere $V(T_{\max})$ sein, wobei T_{\max} die spezifizierte Maximaltemperatur ist. Die maximal zulässige Spannung σ_{\max} können beispielsweise die Streckgrenze eines metallischen Werkstoffs oder die Bruchspannung eines Halbleiters oder einer Keramik sein.

[0013] In einer Weiterbildung beträgt S beispielsweise nicht weniger als 1,25 insbesondere nicht weniger als 1,5.

[0014] In einer Weiterbildung der Erfindung gilt:

$$V_{\min} \geq \frac{R^6}{h^3} \cdot \frac{\pi \cdot (1 - \nu^2)}{16 \cdot E} \cdot p_{\max} \quad (2),$$

wobei V_{\min} das minimale Volumen der Übertragungsflüssigkeit in der Trennmembrankammer in der Ruhelage des Drucksensors ist, und wobei p_{\max} die Obergrenze des spezifizierten Messbereichs ist. V_{\min} kann insbesondere $V(T_{\min})$ sein, wobei T_{\min} die spezifizierte Minimaltemperatur ist

[0015] In einer Weiterbildung der Erfindung beträgt die Differenz zwischen der spezifizierten Maximaltemperatur und der spezifizierten Minimaltemperatur nicht weniger als 125 K, vorzugsweise nicht weniger als 165 K, weiter bevorzugt nicht weniger als 200 K und besonders bevorzugt nicht weniger als 220 K.

[0016] In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Messmembran eine in der Ruhelage im wesentlichen ebene Kreisscheibe.

[0017] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist der Drucksensor so dimensioniert, dass bei der Obergrenze des spezifizierten Messbereichs p_{\max} die maximale Spannung in der Messmembran nicht weniger als 20% der maximal zulässigen Spannung σ_{\max} , insbesondere nicht weniger als 30% von σ_{\max} , vorzugsweise nicht weniger als 35% von σ_{\max} beträgt. In einer Ausgestaltung dieser Weiterbildung der Erfindung kann die maximale Spannung in der Messmembran bei der Obergrenze des spezifizierten Messbereichs p_{\max} beispielsweise nicht mehr als 60% und insbesondere nicht mehr als 50% von σ_{\max} betragen.

[0018] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist ein kapazitiver Drucksensor insbesondere so dimensioniert, dass bei der Obergrenze des spezifizierten Messbereichs p_{\max} dass der Betrag der Auslenkung der Messmembran in ihrem Zentrum nicht weniger als 20%, insbesondere nicht weniger als 25%, und bevorzugt nicht weniger als 30% des Gleichgewichtsabstands der Messmembran zu einer Gegenelektrode beträgt eines kapazitiven Wandlers beträgt.

[0019] In einer Weiterbildung umfasst die Messmembran ein erstes Material und der Sensorkörper zumindest in dem Bereich, an dem die Messmembran befestigt ist, ein zweites Material, wobei der Wärmeausdehnungskoeffizient α_1 des ersten Materials nicht mehr als 10% vorzugsweise nicht mehr als 5% und besonders bevorzugt nicht mehr als 2,5% vom Wärmeausdehnungskoeffizienten α_2 des zweiten Materials abweicht, also $|(\alpha_1 - \alpha_2)/\alpha_2| \leq 10\%$, vorzugsweise $|(\alpha_1 - \alpha_2)/\alpha_2| \leq 5\%$ und besonders bevorzugt $|(\alpha_1 - \alpha_2)/\alpha_2| \leq 2,5\%$.

[0020] In einer derzeit bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weisen die Messmembran und der Sensorkörper Stahl auf, insbesondere Edelstahl oder Federstahl.

[0021] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung umfassen die Messmembran und/oder der Sensorkörper einen elektrisch isolierenden Werkstoff, insbesondere einen keramischen Werkstoff.

[0022] In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Messmembran mindestens eine Elektrode des kapazitiven Wandlers, wobei der Wandler weiterhin mindestens eine Gegenelektrode aufweist, die im wesentlichen druckunabhängig bezüglich des Sensorkörpers gegenüber der Messmembran positioniert ist. Die mindestens eine Gegenelektrode kann insbesondere in der ersten Teilkammer auf einem Elektrodenträger angeordnet sein.

[0023] Der Elektrodenträger kann beispielsweise den gleichen Werkstoff aufweisen, wie das Gehäuse, wobei die Gegenelektrode und vorzugsweise auch der Elektrodenträger gegenüber der Messelektrode elektrisch isoliert ist.

[0024] In einer Weiterbildung der Erfindung ist die Gegenelektrode in der Weise beabstandet zu leitfähigen Flächen angeordnet, dass die Kapazitäten zwischen der Elektrode der Messmembran und der mindestens einen Gegenelektrode nicht weniger als die Streukapazität zwischen den Elektroden des kapazitiven Wandlers und dem Sensorkörper beträgt. Insbesondere im Falle eines Sensorkörpers, der einen metallischen Werkstoff aufweist, bedeutet dies, dass ein hinreichender Abstand zwischen der Gegenelektrode und der Wand der Teilkammer vorzusehen ist. Dies bedeutet eine Erhöhung des Volumens der Teilkammer, insbesondere für diesen Fall enthält die Teilkammer in einer Weiterbildung der Erfindung zumindest einen Füllkörper, der insbesondere zwischen einer Wand der Teilkammer und der der Messmembran abgewandten Seite der Gegenelektrode angeordnet ist.

[0025] Der Sinn und Zweck eines Füllkörpers ergibt sich insbesondere aus den folgenden Erwägungen:

Das Verhältnis zwischen dem maximalen und dem minimalen Volumen der Übertragungsflüssigkeit ergibt sich als

$$\frac{V_{\max}}{V_{\min}} \leq (1 + \beta) \cdot (1 + \gamma_3 \cdot \Delta T) - \beta \quad (3),$$

wobei β das Verhältnis des Volumens der Teilkammer zum Volumen der Übertragungsflüssigkeit in der Trennmembrankammer bei Referenztemperatur ist, wobei die Referenztemperatur insbesondere Minimaltemperatur sein kann. Durch einen Vergleich von (3) mit dem Quotienten aus (2) und (1) folgt:

$$\beta \leq \frac{\left(\frac{h}{R}\right)^2 \cdot \frac{1}{S} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{\sigma_{\max}}{p_{\max}} - 1}{\gamma_3 \cdot \Delta T} - 1 \quad (4).$$

[0026] Betrachtet man beispielsweise eine Messmembran mit einer Membranstärke h von 400 μm und einem Radius von 2 cm, so folgt bei einer Streckgrenze von 200 MPa, einem Wert von 20 kPa für p_{\max} , einem Temperaturbereich von 200 K bei $\gamma_3 = 0,001/\text{K}$ und $S = 1$: $\beta \leq 20,7$. Berücksichtigt man weiterhin, dass der Volumenhub einer Messmembran nur etwa ein Drittel des Volumens eines Zylinders mit der Grundfläche der Messmembran und einer Höhe, die dem axialen Hub der Messmembran entspricht, aufweist, so stehen nur knapp sieben solcher Zylindervolumen für die Teilkammer des Sensors zur Verfügung.

[0027] Bei Differenzdrucksensoren ist etwas mehr als ein Zylindervolumen zwischen der Messmembran und der Gegenelektrode bereitzuhalten, um die Auslenkung der Messmembran aufzunehmen. Die verbleibenden knapp sechs Zylindervolumen stehen für den Abstand zwischen Gegenelektrode zur Verringerung von Streukapazitäten und zur Führung von Kanälen durch den Trägerkörper der Gegenelektrode und den Trennmembranträgerkörper zur Verfügung. Dazu können die sechs Zylindervolumen ggf. ausreichen.

[0028] Eine Vergrößerung des Temperatureinsatzbereichs ΔT und/oder eine Vergrößerung des Messbereichs durch Erhöhung der Obergrenze des Messbereichs p_{\max} können beispielsweise mit einem Füllkörper erreicht werden, der das freie Volumen der Teilkammer reduziert.

[0029] Die obige Erwägung für Differenzdrucksensoren, wonach der dreifache Volumenhub der Messmembran auf die Gegenelektrode zu benötigt wird, ist für Absolutdruck- oder Relativdrucksensoren nicht gültig. Für diesen Sensortyp ist es ausreichend, wenn in der Ruhelage der Messmembran ein Bruchteil eines Volumenhubes zwischen der Messmembran

und der Gegenelektrode vorhanden ist, um die Messmembran gleichmäßig mit Druck beaufschlagt zu können. Diese Annäherung der Messmembran an die Gegenelektrode verringert nicht nur die Menge der Übertragungsflüssigkeit, sondern sie erhöht zugleich die Dynamik des Messsignals.

[0030] In einer Weiterbildung der Erfindung weist der Füllkörper mit dem Volumen V_1 bei einer Referenztemperatur einen ersten Werkstoff mit einem ersten Volumenausdehnungskoeffizienten γ_1 auf, und der Gehäusekörper weist einen zweiten Werkstoff mit einem zweiten Volumenausdehnungskoeffizienten γ_2 , wobei gilt: $\gamma_1 < \gamma_2$. Durch geeignete Dimensionierung weist das freie Volumen $V_2 - V_1$ der Teilkammer, welches der Übertragungsflüssigkeit zur Verfügung steht, eine größere Temperaturabhängigkeit auf, als sie durch γ_1 oder γ_2 alleine erreicht werden. Damit kann das veränderliche freie Volumen $V_2 - V_1$ der Teilkammer zumindest anteilig die temperaturabhängigen Volumenschwankungen der Übertragungsflüssigkeit ausgleichen. Ein vollständiger Ausgleich der Volumenschwankungen der Übertragungsflüssigkeit lässt sich nach den folgenden Erwägungen erzielen. Sei V_3 das Gesamtvolumen der Übertragungsflüssigkeit in der Teilkammer und in der Trennmembrankammer bei einer Referenztemperatur, sei γ_3 der Volumenausdehnungskoeffizient der Übertragungsflüssigkeit, und sei das freie Volumen der Teilkammer $V_2 - V_1$. Wenn dann gilt:

$$V_3 = (1 + x)(V_2 - V_1) \quad (5),$$

und

$$V_1 = V_2 \cdot [(1 + x)\gamma_3 - \gamma_2] / [(1 + x)\gamma_3 - \gamma_1] \quad (6),$$

so werden sämtliche temperaturbedingte Volumenschwankungen der Übertragungsflüssigkeit in dem veränderlichen freien Volumen zwischen Teilkammer und Füllkörper aufgenommen. Die Zahl x kann theoretisch beliebige positive Werte annehmen, wobei beispielsweise gilt: $0 < x < 10$, insbesondere $x < 5$, vorzugsweise $x < 2$.

[0031] In diesem Fall würde es praktisch keinerlei durch die Wärmeausdehnung der Übertragungsflüssigkeit bedingten Einschränkungen des Temperaturbereichs geben, für den der Drucksensor spezifiziert ist.

[0032] Insoweit, als in der Praxis ohnehin weitere Randbedingungen den Temperatureinsatzbereich beschränken, ist eine vollständige Unabhängigkeit von der Volumenausdehnung der Übertragungsflüssigkeit nicht zwingend erforderlich oder vorteilhaft. Es ist aber durchaus sinnvoll, wenn die Temperaturabhängigkeit durch den Einsatz eines Füllkörpers reduziert wird. So kann gemäß einer Weiterbildung der Erfindung beispielsweise jeweils mindestens 25%, bevor-

zugt mindestens 50%, der Wärmeausdehnung der Übertragungsflüssigkeit durch die Zunahme des freien Volumens $V_2 - V_1$ in den Teilkammern aufgenommen werden.

[0033] Abgesehen davon, dass mit dem beschriebenen Ansatz der Messbereich der Drucksensoren vergrößert werden kann, führt ein reduzierter Volumenhub der Übertragungsflüssigkeit zu geringeren Trennmembranfehlern.

[0034] Sofern der (Differenz-)Drucksensor einen Füllkörper aufweist, der im wesentlichen einen elektrischen Isolator umfasst, so kann der Füllkörper zugleich den Elektrodenträger für die mindestens eine Gegenelektrode umfassen. In diesem Falle ist es derzeit bevorzugt, dass der Füllkörper in einem messmembranseitigen Endabschnitt mit dem Sensorkörper verbunden ist, um die axiale Position der mindestens einer Gegenelektrode bezüglich der Messmembran zu definieren.

[0035] Die Messmembran selbst kann auf dem Potential des Sensorkörpers liegen, oder gegenüber diesem elektrisch isoliert sein. Zur isolierten Anordnung kann die Messmembran beispielsweise an einem ringförmigen Träger aus einem Isolationswerkstoff oder zwischen zwei solchen Trägern eingespannt sein.

[0036] Bei der Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Drucksensors als Differenzdrucksensor umfasst der Sensorkörper weiterhin einen zweiten Oberflächenabschnitt der über einen zweiten Kanal mit der zweiten Teilkammer im Inneren des Sensorkörpers kommuniziert; wobei der Differenzdrucksensor weiterhin umfasst:

eine zweite Trennmembran, die den zweiten Oberflächenabschnitt überdeckt und unter Bildung einer zweiten Trennmembrankammer entlang mindestens eines umlaufenden Randes druckdicht mit dem Sensorkörper verbunden ist;

wobei weiterhin die zweite Trennmembrankammer, der zweite Kanal und die zweite Teilkammer gefüllt sind mit der Übertragungsflüssigkeit, um den an der zweiten Trennmembran anliegenden Druck über den zweiten Kanal und die zweite Teilkammer auf die zweite Seite der Messmembran zu übertragen; wobei der Differenzdrucksensor für einen Temperaturbereich zwischen einer minimalen Temperatur und einer maximalen Temperatur spezifiziert ist und wobei der Drucksensor für einen Differenzdruckbereich spezifiziert ist, wobei bei der minimalen Betriebstemperatur die Übertragungsflüssigkeit in den Teilkammern noch ein solches Volumen aufweist, dass über den gesamten spezifizierten Differenzdruckbereich der erste Druck und der zweite Druck in die erste und zweite Teilkammer eingeleitet werden können, ohne dass eine der Trennmembranen zur Anlage kommt, und dass bei der maximalen Temperatur im Falle ei-

ner einseitigen Überlast die Trennmembran von der Seite mit dem höheren Druck gegen den Oberflächenabschnitt des Sensorkörpers gedrückt wird, so dass das gesamte Ölvolumen aus der Trennmembrankammer in die entsprechende Teilkammer gelangt und durch Auslenken der Messmembran aufgenommen wird, wobei die Messmembran keine plastische Verformung erfährt.

[0037] Die Erfindung wird nun anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

[0038] **Fig. 1:** einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors;

[0039] **Fig. 2:** einen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Absolutdrucksensors; und

[0040] **Fig. 3:** einen Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors.

[0041] Der in **Fig. 1** dargestellte Differenzdrucksensor **1** umfasst eine Messmembran **2**, welche einen Innenraum eines Sensorkörpers in eine erste Teilkammer **3a** und eine zweite Teilkammer **3b** aufteilt. In der ersten Teilkammer **3a** und in der zweiten Teilkammer **3b** ist jeweils ein Elektrodenträger **4a**, **4b** angeordnet, wobei zum Bereitstellen eines druckabhängigen Messsignals die Kapazitäten zwischen einer Elektrode auf der Messmembran **2** und einer ersten Gegenelektrode auf einem ersten der Elektrodenträger **4a** einerseits sowie einer Elektrode auf der Messmembran **2** und einer zweiten Gegenelektrode auf dem zweiten der Elektrodenträger **4b** andererseits ausgewertet werden. Die Messmembran **2** und die beiden Elektrodenträger **4a**, **4b** sind beispielsweise aus Stahl gefertigt und gegeneinander durch einen ersten ringförmigen Isolationskörper **6a** und einen zweiten ringförmigen Isolationskörper **6b** elektrisch isoliert, wobei die Isolationskörper insbesondere ein keramischen Werkstoff aufweisen können. Auf den der Messmembran abgewandten Außenseiten der Elektrodenträger **4a**, **4b** ist jeweils ein ringförmiger Abstandhalter **8a**, **8b** angeordnet, welcher vorzugsweise den gleichen Werkstoff aufweist wie die Isolationskörper **6a**, **6b**. Die Abstandhalter **8a**, **8b**, die Elektrodenträger **4a**, **4b**, die Isolationskörper **6a**, **6b** und die Messmembran **2** sind miteinander beispielsweise durch Hartlötungen entlang des Umfangs der jeweiligen Berührungsfleichen zu einem Stapel verbunden, wobei dieser Stapel zwischen einem ersten Trennmembranträgerkörper **10a** und einem zweiten Trennmembranträgerkörper **10b** angeordnet ist, wobei die beiden Trennmembranträgerkörper wiederum entlang des Umfangs ihrer jeweiligen Verbindungsflächen mit einem der Abstandskörper gefügt

sind. Der Stapel zwischen den Membranträgerkörpern weist einen geringeren Umfang auf, als der maximale Umfang der Membranträgerkörper, wodurch Raum bleibt, um den Stapel ein Isolationsmaterial **11** anzuordnen, ohne den maximalen Umfang der Membranträgerkörper **10a**, **10b** zu überschreiten. Die so beschriebene Anordnung ist in einer Hülse **12** positioniert, die an ihren beiden Stirnseiten jeweils durch Schweißnähte entlang der umlaufenden Verbindungslinie zwischen den Membranträgerkörpern und der Hülse **12** befestigt ist. Durch den ersten und zweiten Membranträgerkörper **10a**, **10b** erstreckt sich jeweils ein erster bzw. zweiter Kanal **14a**, **14b** in die erste bzw. zweite Teilkammer **3a**, **3b**. Die Stirnflächen des ersten und zweiten Membranträgerkörpers **10a**, **10b** weisen jeweils ein Membranbett auf, über dem eine Trennmembran **16a**, **16b** angeordnet ist, wobei die Trennmembranen unter Bildung einer ersten Druckkammer **15a** und einer zweiten Druckkammer **15b** zwischen den Trennmembranen und dem Membranbett entlang ihres Umfangs druckdicht mit den Membranträgerkörpern verschweißt sind. Die beiden Trennmembrankammern **15a**, **15b** und die beiden Teilkammern **3a**, **3b** einschließlich der Kanäle **14a**, **14b** sind jeweils mit einer Übertragungsflüssigkeit gefüllt, um die Messmembran **2** von der an der ersten Teilkammer **3a** mit einem ersten Druck der an der ersten Trennmembran **16a** ansteht, und von der Seite der zweiten Teilkammer **3b** mit einem zweiten Druck, der an der zweiten Trennmembran **16b** ansteht, zu beaufschlagen. Der erste und der zweite Elektrodenträger **4a**, **4b** weisen Durchbrüche **17a**, **17b** auf, durch welche die Übertragung zur Messmembran erfolgt.

[0042] Die Messmembran weist beispielsweise eine im wesentlichen ebene Stahlscheibe mit beispielsweise einer Stärke von 400 Mikrometern und einen auslenkbaren Durchmesser von vier Zentimetern auf. Geht man von einer Messmembran aus Stahl mit einem E-Modul von 200 Gigapascal und einer Streckgrenze von 200 Megapascal, so kann die Messmembran vor dem Erreichen der Streckgrenze, ein Volumenhub von knapp 90 Mikrolitern aufnehmen. Die Auslenkung der Messmembran im Zentrum beträgt dabei gut 200 Mikrometer. Dem entsprechend weisen beispielsweise die Isolationskörper **6a** und **6b** eine Stärke von etwa 220 Mikrometer auf, um einen hinreichenden Abstand zwischen der Messmembran und den Elektrodenträgern zu gewährleisten. Die Füllmenge der Übertragungsflüssigkeit ist so bemessen, dass bei der maximal spezifizierten Betriebstemperatur in der Ruhelage der Messmembran sich nicht mehr als 90 Mikroliter Übertragungsflüssigkeit in den Trennmembrankammern befinden. Die Abstandhalter **8a** und **8b** können beispielsweise eine Stärke von 1,3 Millimetern aufweisen. Der Durchmesser der Kanäle **14a** und **14b** sowie der Durchbrüche **17a** und **17b** ist entsprechend gering auszulegen, sodass sie einen vernachlässigbaren Beitrag zum Gesamtvolumen

men der Teilkammern leisten. Mit dieser Anordnung ist selbst bei einer Abkühlung des Differenzdrucksensors 200 Grad Celsius gegenüber der maximalen Temperatur noch eine solche Menge an Übertragungsflüssigkeit in den Trennmembrankammern enthalten, dass ein Differenzdruck von beispielsweise 200 Millibar zur Messmembran übertragen werden kann, bevor die Trennmembran auf der Seite des höheren Drucks zur Anlage kommt. Zur Verringerung des freien Volumens können in den Teilkammern auf der von der Messmembran abgewandten Seite der Elektroden Träger hier nicht dargestellte Füllkörper eingebracht sein, insbesondere keramische Füllkörper.

[0043] Fig. 2 zeigt einen erfindungsgemäßen Absolutdrucksensor 21, dessen Messmembran 22 einen Innenraum des Sensorkörpers in eine erste Teilkammer und eine zweite Teilkammer unterteilt, wobei die erste Teilkammer mit einer Übertragungsflüssigkeit gefüllt ist und die zweite Teilkammer evakuiert ist. In der ersten Teilkammer ist der Messmembran 22 gegenüber ein Elektroden Träger 24 angeordnet, wobei zwischen der Messmembran 22 und dem Elektroden Träger 24 eine ringförmiger Isolationskörper 26a angeordnet ist, welche bevorzugt ein keramischen Werkstoff aufweist. Auf den freien Stirnflächen des Elektroden Trägers 24 und der Messmembran 22 ist jeweils coaxial mit dem Isolationskörper 26a ein erster Abstandhalter 28 bzw. ein zweiter Abstandhalter 26b angeordnet und mit dem Elektroden Träger 24 bzw. der Messmembran 22 durch Hart Löten verbunden, wobei der erste Abstandhalter 28 entlang seines Umfangs mit einem Stirnseitig aufgesetzten Membran Trägerkörper 30a gefügt ist. Der Abstandhalter 26b ist entlang seines Umfangs mit einer rückseitigen Stirnplatte 30b druckdicht verbunden. Um den Stapel, welcher die Isolationskörper, den Abstandhalter, den Elektroden Träger und die Messmembran umfasst, ist zwischen dem Trennmembran Trägerkörper 30a und der rückseitigen Stirnplatte 30b pro umlaufend ein Isolationsmaterial 31 aufgebracht, bevor diese Anordnung in eine Stahlhülse 32 eingeführt in die durch Schweißen an den Stirnseiten der Anordnung fixiert ist. Der Membran Trägerkörper weist wiederum einen Kanal 34 auf, durch welchen die erste Teilkammer mit einem Druck beaufschlagbar ist. An der Stirnseite des Trennmembran Trägerkörpers 30a ist ein Membranbett ausgebildet, wobei der an der Stirnseite eine Trennmembran 36 entlang ihres Umfangs unter Bildung einer Trennmembrankammer 35 druckdicht verschweißt ist. Die erste Teilkammer, der Kanal 34 und die Trennmembrankammer 35 ist wiederum mit einer Übertragungsflüssigkeit gefüllt, um die Messmembran 22 mit dem an der Trennmembran anstehenden Druck zu beaufschlagen. Zur Übertragung des Drucks bis zur Trennmembran sind Durchbrüche 37 in dem Elektroden Träger 24 vorgesehen. Durch eine Durchführung 38, werden

elektrische Anschlüsse der Elektroden nach außen geführt.

[0044] Der in Fig. 3 dargestellte Differenzdrucksensor 41 umfasst eine Messmembran 42, welche insbesondere Stahl umfasst und welche einen Innenraum eines Sensorkörpers in zwei Teilkammern unterteilt. Gegenüber der Messmembran ist in den beiden Teilkammern jeweils eine Gegenelektrode 43a, 43b auf einem kreisplattenförmigen keramischen Elektroden Trägerkörper 44a, 44b angeordnet. Die Elektroden Trägerkörper weisen von ihrer Mantelfläche her jeweils mindestens eine radiale Bohrung 45a, 45b mit einem verjüngten Endabschnitt auf, in dem jeweils ein metallisches Trägerrohr 46a, 46b befestigt ist. Durch die Trägerrohre geführt und von diesen jeweils mittels einer endabschnittseitigen Glasdurchführung und Vergussmasse isoliert verläuft jeweils eine elektrische Ableitung 47a, 47b, welche jeweils eine der Gegenelektroden 43a, 43b beispielsweise über einen Lotkontakt 48a, 48b kontaktiert. Die elektrischen Ableitungen 47a, 47b können zumindest in den Trägerrohren 46a, 46b jeweils mit einer hier nicht näher gezeigten, coaxialen, aktiv getriebenen Guard-Elektrode, die auf dem Potential der jeweiligen Gegenelektrode 43a, 43b geführt wird, von dem Potential des Trägerrohrs abgeschirmt sein. Der Sensorkörper umfasst einen ersten und einen zweiten Trennmembran Trägerkörper 51a, 51b sowie einen ersten und einen zweiten Ringkörper 52a, 52b, wobei die Messmembran 42 zwischen den beiden Ringkörpern 52a, 52b mittels umlaufender Schweißnähte druckdicht befestigt ist. Die Trägerrohre 46a, 46b sind jeweils zwischen den Stirnflächen eines Trennmembran Trägerkörpers 51a, 51b und eines Ringkörpers 52a, 52b in Ausnehmungen in den Stirnfläche positioniert und mittels Schweißen befestigt. Durch umlaufende Schweißnähte entlang des Umfangs zwischen jeweils einem Trennmembran Trägerkörper 51a, 51b und einem Ringkörper 52a, 52b ist der Innenraum des Differenzdrucksensors 41 zu seiner Mantelfläche hin druckdicht abgeschlossen. Durch die Stirnflächen der Trennmembran Trägerkörper 51a, 51b, erstreckt sich jeweils ein Kanal 54a, 54b zur Druckeileitung in die beiden Teilkammern des Drucksensors. Die Stirnflächen der Trennmembran Trägerkörper 51a, 51b weisen jeweils ein Membranbett 55a, 55b auf, über welchen jeweils eine Trennmembran 56a, 56b unter Bildung einer Trennmembrankammer zwischen der Trennmembran 56a, 56b und dem Membranbett 55a, 55b mit einer umlaufenden Schweißnaht druckdicht befestigt ist.

[0045] Die Trennmembrankammern, die Kanäle 54a, 54b und die Teilkammern sind jeweils mit einer Übertragungsflüssigkeit gefüllt, um den jeweils an einer der Trennmembranen 56a, 56b anstehenden Druck auf eine Seite der Messmembran zu übertragen. Die isostatisch gelagerten Elektroden Trägerkörper 44a, 44b, können weiterhin durchgehende Boh-

rungen **57a**, **57b** in axialer Richtung aufweisen, um den Strömungswiderstand der Elektroenträgerkörper **44a**, **44b** zu reduzieren.

[0046] Die Elektroenträgerkörper **44a**, **44b** weisen insbesondere einen keramischen Werkstoff auf, dessen Ausdehnungskoeffizient kleiner ist als der Wärmeausdehnungskoeffizient des Werkstoffs der Ringkörper **52a**, **52b** und der Trennmembranträgerkörper **51a**, **51b**. Das Volumen der Elektroenträgerkörper ist so bemessen, dass zumindest 25% vorzugsweise mindestens 50% der Wärmeausdehnung der Übertragungsflüssigkeit durch die Zunahme des freien Volumens in den Teilkammern aufgenommen wird.

Patentansprüche

1. Drucksensor (1), umfassend einen Sensorkörper mit einer Sensorkammer im Inneren, mindestens eine erste Trennmembran (**16a**, **16b**), welche unter Bildung einer ersten Trennmembrankammer (**15a**, **15b**), mit dem Sensorkörper verbunden ist; eine Messmembran (2), welche die Sensorkammer in zwei Teilkammern (**3a**, **3b**) unterteilt; eine Übertragungsflüssigkeit, mit welcher die erste Trennmembrankammer (**15a**, **15b**), die erste Teilkammer (**3a**, **3b**) und ein Kanal (**14a**, **14b**) dazwischen gefüllt sind, um einen Druck auf die Messmembran (2) zu übertragen; wobei der Drucksensor (1) für einen Temperaturbereich zwischen einer Minimaltemperatur und einer Maximaltemperatur sowie für einen Druckbereich spezifiziert ist, wobei bei der Minimaltemperatur das Übertragungsvolumen in der ersten Teilkammer, dem ersten Kanal und der ersten Trennmembrankammer ausreicht, um über den gesamten Druckbereich den Druck auf die Messmembran zu übertragen, ohne dass die erste Trennmembran zur Anlage kommt, und wobei, wenn im Überlastfall bei Maximaltemperatur das gesamte Ölvolumen aus der ersten Trennmembrankammer in die erste Teilkammer gelangt, und durch die Messmembran aufgenommen wird, die Messmembran keine plastische Verformung erfährt.

2. Drucksensor (1) nach Anspruch 1, umfassend einen Sensorkörper mit mindestens einem ersten Oberflächenabschnitt, der über einen ersten Kanal mit einer Sensorkammer im Inneren des Sensorkörpers kommuniziert; mindestens eine erste Trennmembran (**16a**, **16a**), welche den ersten Oberflächenabschnitt überdeckt und unter Bildung einer ersten Trennmembrankammer (**15a**, **15b**) entlang eines umlaufenden Randes druckdicht mit dem Sensorkörper verbunden ist; eine Messmembran (2), welche die Sensorkammer in eine erste Teilkammer (**3a**) und in eine zweite Teilkammer (**3b**) unterteilt; eine Übertragungsflüssigkeit, mit welcher die erste Trennmembrankammer, der erste Kanal und die erste Teilkammer gefüllt sind, um den an der ersten

Trennmembran anliegenden Druck über den ersten Kanal und die erste Teilkammer auf eine erste Seite der Messmembran zu übertragen; und einen Wandler zum Erzeugen eines von der Verformung der Messmembran abhängigen elektrischen Signals wobei die Verformung der Messmembran ein Maß für die Differenz zwischen einem ersten Druck in der ersten Teilkammer (**3a**) und einem zweiten Druck in der zweiten Teilkammer ist (**3b**); wobei der Drucksensor für einen Temperaturbereich zwischen einer minimal Temperatur und einer maximal Temperatur spezifiziert ist und wobei der Drucksensor für einen Druckbereich spezifiziert ist, wobei bei der minimalen Betriebstemperatur die Übertragungsflüssigkeit in der ersten Teilkammer, dem ersten Kanal und der ersten Trennmembrankammer noch ein solches Volumen aufweist, dass über den gesamten spezifizierten Druckbereich der erste Druck in die erste Teilkammer eingeleitet werden kann, ohne dass die erste Trennmembran zur Anlage kommt, und dass bei der maximal Temperatur im Falle einer Überlast die erste Trennmembran gegen den ersten Oberflächenabschnitt des Sensorkörpers gedrückt wird, so dass das gesamte Ölvolumen aus der Trennmembrankammer in die erste Teilkammer gelangt und durch Auslenken der Messmembran aufgenommen wird, wobei die Messmembran keine plastische Verformung erfährt.

3. Drucksensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei gilt:

$$V_{\max} \leq \frac{R^4}{h} \cdot \frac{\pi}{12} \cdot (1 - \nu^2) \cdot \frac{1}{S} \cdot \frac{\sigma_{\max}}{E},$$

mit dem Sicherheitsfaktor $S \geq 1$, wobei V_{\max} das maximale Volumen der Übertragungsflüssigkeit in der Trennmembrankammer in der Ruhelage des Drucksensors ist, wobei R und h der Radius und Stärke der Messmembran sind, wobei ν die Poissonzahl des Materials der Messmembran ist, wobei σ_{\max} die maximal zulässige Spannung des Materials der Messmembran ist, und wobei E der Elastizitätsmodul des Materials der Messmembran ist.

4. Drucksensor nach Anspruch 1, 2 oder 3, für den gilt:

$$V_{\min} \geq \frac{R^6}{h^3} \cdot \frac{\pi \cdot (1 - \nu^2)}{16 \cdot E} \cdot p_{\max} \quad (2),$$

wobei V_{\min} das minimale Volumen der Übertragungsflüssigkeit in der Trennmembrankammer in der Ruhelage des Drucksensors ist, und wobei p_{\max} die Obergrenze des spezifizierten Messbereichs ist.

5. Drucksensor nach Anspruch 3 und 4, wobei $V_{\max} = V(T_{\max})$, wobei T_{\max} die spezifizierte Maximaltemperatur ist, wobei $V_{\min} = V(T_{\min})$, wobei T_{\min} die spezifizierte Minimaltemperatur ist

6. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Differenz zwischen der spezifizierten Maximaltemperatur und der spezifizierten Minimaltemperatur nicht weniger als 125 K, vorzugsweise nicht weniger als 165 K, weiter bevorzugt nicht weniger als 200 K und besonders bevorzugt nicht weniger als 220 K beträgt.

7. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messmembran eine in der Ruhelage im wesentlichen ebene Kreisscheibe umfasst.

8. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messmembran ein erstes Material und der Sensorkörper ein zweites Material, wobei der Wärmeausdehnungskoeffizient α_1 des ersten Materials nicht mehr als 10% vorzugsweise nicht mehr als 5%, weiter bevorzugt nicht mehr als 2,5% vom Wärmeausdehnungskoeffizienten α_2 des zweiten Materials abweicht.

9. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messmembran und der Sensorkörper Stahl aufweisen, insbesondere Edelstahl oder Federstahl.

10. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messmembran und/oder der Sensorkörper einen elektrisch isolierenden Werkstoff, insbesondere einen keramischen Werkstoff umfasst bzw. umfassen.

11. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messmembran mindestens eine Elektrode eines kapazitiven Wandlers, umfasst, wobei der Wandler weiterhin mindestens eine Gegenelektrode aufweist, die im wesentlichen druckunabhängig bezüglich des Sensorkörpers gegenüber der Messmembran positioniert ist.

12. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Elektrodenträger den gleichen Werkstoff aufweist wie das Gehäuse, wobei die Gegenelektrode und vorzugsweise auch der Elektrodenträger gegenüber der Messelektrode elektrisch isoliert ist.

13. Drucksensor nach Anspruch 11 oder 12, wobei die Gegenelektrode in der Weise beabstandet zu leitfähigen Flächen angeordnet, dass die Kapazitäten zwischen der Elektrode der Messmembran und der mindestens einen Gegenelektrode nicht weniger als die Streukapazität zwischen den Elektroden des kapazitiven Wandlers und dem Sensorkörper beträgt.

14. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Teilkammer einen Füllkörper enthält, welcher insbesondere zwischen einer Wand

der Teilkammer und der Messmembran abgewandten Seite der Gegenelektrode angeordnet ist.

15. Drucksensor Anspruch 14, wobei jeweils mindestens 25%, bevorzugt mindestens 50%, einer Wärmeausdehnung der Übertragungsflüssigkeit durch die Zunahme eines freien Volumens $V_2 - V_1$ einer Teilkammer aufgenommen wird, wobei V_2 das Volumen der Teilkammer und V_1 das Volumen des Füllkörpers ist.

16. Drucksensor nach Anspruch 14 oder 15, wobei der Füllkörper ein Isolator ist und einen Elektrodenträger für die mindestens eine Gegenelektrode umfasst.

17. Drucksensor nach Anspruch 16, wobei die Messmembran auf dem Potential des Sensorkörpers liegt.

18. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei der Obergrenze des spezifizierten Messbereichs p_{\max} die maximale Spannung in der Messmembran nicht weniger als 20% der maximal zulässigen Spannung σ_{\max} , insbesondere nicht weniger als 30% von σ_{\max} , vorzugsweise nicht weniger als 35% von σ_{\max} beträgt.

19. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei der Obergrenze des spezifizierten Messbereichs p_{\max} die maximale Spannung in der Messmembran nicht mehr als 60% der maximal zulässigen Spannung σ_{\max} , insbesondere nicht mehr als 50% von σ_{\max} beträgt.

20. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei der Obergrenze des spezifizierten Messbereichs p_{\max} der Betrag der Auslenkung der Messmembran in ihrem Zentrum nicht weniger als 20%, insbesondere nicht weniger als 25%, und bevorzugt nicht weniger als 30% des Gleichgewichtsabstands der Messmembran zu einer Gegenelektrode beträgt eines kapazitiven Wandlers beträgt, der aus der Messmembran und der Gegenelektrode gebildet wird.

21. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Drucksensor ein Differenzdrucksensor ist, wobei der Sensorkörper weiterhin einen zweiten Oberflächenabschnitt umfasst, der über einen zweiten Kanal mit der zweiten Teilkammer im Inneren des Sensorkörpers kommuniziert; wobei der Differenzdrucksensor weiterhin umfasst:

eine zweite Trennmembran, die den zweiten Oberflächenabschnitt überdeckt und unter Bildung einer zweiten Trennmembrankammer entlang mindestens eines umlaufenden Randes druckdicht mit dem Sensorkörper verbunden ist; wobei weiterhin die zweite Trennmembrankammer, der zweite Kanal und die zweite Teilkammer gefüllt

sind mit der Übertragungsflüssigkeit, um den an der zweiten Trennmembran anliegenden Druck über den zweiten Kanal und die zweite Teilkammer auf die zweite Seite der Messmembran zu übertragen; wobei der Differenzdrucksensor für einen Temperaturbereich zwischen einer minimalen Temperatur und einer maximalen Temperatur spezifiziert ist und wobei der Drucksensor für einen Differenzdruckbereich spezifiziert ist, wobei bei der minimalen Betriebstemperatur die Übertragungsflüssigkeit in den Teilkammern noch ein solches Volumen aufweist, dass über den gesamten spezifizierten Differenzdruckbereich der erste Druck und der zweite Druck in die erste und zweite Teilkammer eingeleitet werden können, ohne dass eine der Trennmembranen zur Anlage kommt, und dass bei der maximal Temperatur im Falle einer einseitigen Überlast die Trennmembran von der Seite mit dem höheren Druck gegen den Oberflächenabschnitt des Sensorkörpers gedrückt wird, so dass das gesamte Ölvolumen aus der Trennmembrankammer in die entsprechende Teilkammer gelangt und durch Auslenken der Messmembran aufgenommen wird, wobei die Messmembran keine plastische Verformung erfährt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

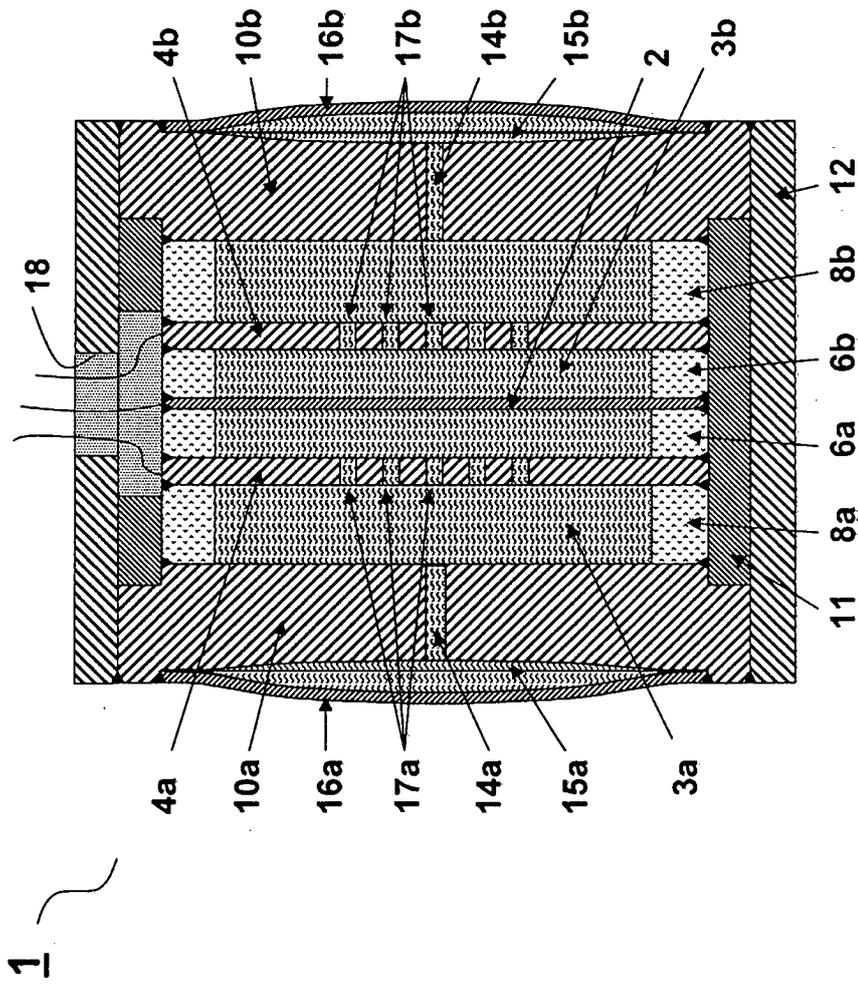


Fig. 1

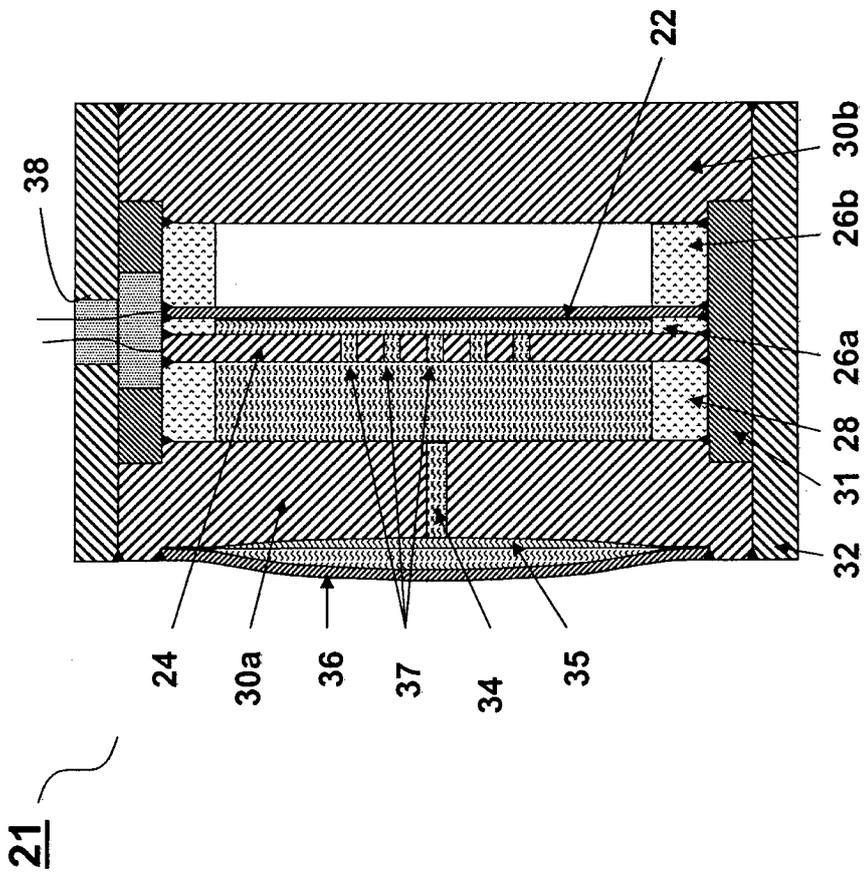


Fig. 2

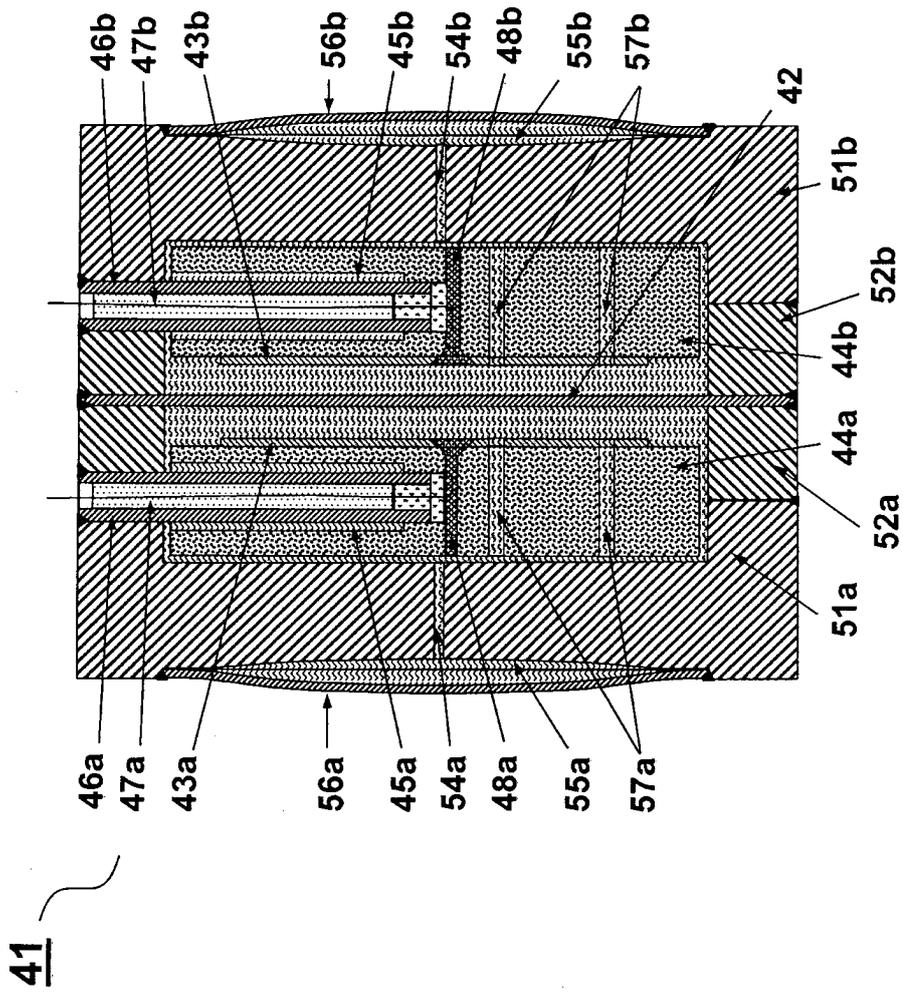


Fig. 3