



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 133 325.3**  
 (22) Anmeldetag: **06.12.2019**  
 (43) Offenlegungstag: **10.06.2021**

(51) Int Cl.: **G01L 19/04 (2006.01)**  
**G01L 9/12 (2006.01)**  
**G01K 7/04 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Endress+Hauser SE+Co. KG, 79689 Maulburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Hahn, Christian, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 79576 Weil  
 am Rhein, DE**

(72) Erfinder:  
**Roßberg, Andreas, Dr., 79713 Bad Säckingen, DE;  
 Ponath, Nils, Dr., 79539 Lörrach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

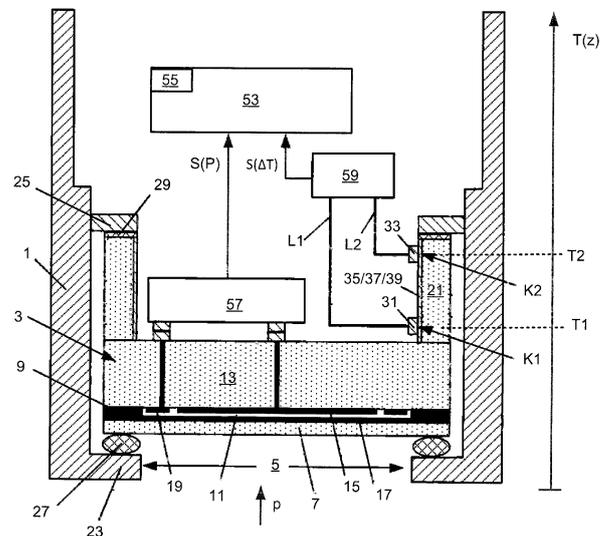
DE	100 44 078	A1
DE	10 2015 122 220	A1
DE	10 2018 106 563	A1
EP	3 124 937	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Druckmessaufnehmer**

(57) Zusammenfassung: Es ist ein Druckmessaufnehmer, mit einem in einem Gehäuse (1) angeordneten keramischen Drucksensor (3), wobei der Drucksensor (3) eine durch eine Öffnung (5) des Gehäuses (1) hindurch mit einem Druck (p) beaufschlagbare Messmembran (7) und einen Wandler zur Erfassung einer vom Druck (p) abhängigen Auslenkung der Messmembran (7) umfasst, einem auf einem äußeren Rand einer membranabgewandten Rückseite des Drucksensors (3) angeordneten Stützring (21), einer Einspannvorrichtung, mittels der der Drucksensor (3) zusammen mit dem Stützring (21) im Gehäuse (1) eingespannt ist, und einem Temperaturmesswandler zur Bereitstellung einer von einem Temperaturgradienten ( $\Delta T$ ) abhängigen Thermospannung ( $U_{th}$ ), der zwei in Reihe geschaltete Thermoelemente umfasst, die jeweils einen galvanischen Kontakt (K1, K2) zwischen einem Leiter (31, 33) des jeweiligen Thermoelements und einem die galvanischen Kontakte (K1, K2) der beiden Thermoelemente miteinander verbindenden Verbindungsleiter (35) umfassen, beschrieben, der eine Kompensation eines durch einen entlang des Druckmessaufnehmers auftretenden Temperaturgradienten verursachten Messfehlers ermöglicht, ohne dass sich hierdurch Einschränkungen hinsichtlich des Sensoraufbaus und/oder der im Drucksensor eingesetzten Werkstoffe ergeben. Hierzu ist auf einer Mantelfläche des Stützrings (21) eine sich in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran (7) verlaufender Richtung erstreckende leitfähige Schicht (37) angeordnet, ...



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Druckmessaufnehmer, mit einem in einem Gehäuse angeordneten keramischen Drucksensor, wobei der Drucksensor eine durch eine Öffnung des Gehäuses hindurch mit einem Druck beaufschlagbare Messmembran und einen elektromechanischen Wandler zur messtechnischen Erfassung einer vom auf die Messmembran einwirkenden Druck abhängigen Auslenkung der Messmembran umfasst, einem auf einem äußeren Rand einer membranabgewandten Rückseite des Drucksensors angeordneten Stützring, und einer Einspannvorrichtung, mittels der ein äußerer Randbereich des Drucksensors zusammen mit dem darauf angeordneten Stützring im Gehäuse eingespannt ist.

**[0002]** Die eingangs genannten Merkmale aufweisende Druckmessaufnehmer sind z.B. in der DE 103 34 854 A1, in der DE 10 2004 057 967 A, sowie in der EP 0 995 979 A1 beschrieben und werden in der Druckmesstechnik zur messtechnischen Erfassung von Drücken eingesetzt.

**[0003]** Keramische Drucksensoren können aufgrund der chemischen und mechanischen Beständigkeit von Keramik unmittelbar mit einem unter einem messtechnisch zu erfassenden Druck stehenden Medium beaufschlagt werden. Das führt jedoch zwangsläufig dazu, dass sich sowohl die Umgebungstemperatur in der Umgebung des Druckmessaufnehmers als auch die Mediumstemperatur des unter dem zu messenden Druck stehenden Mediums auf die Messeigenschaften des Drucksensors und damit auch auf die mit dem Druckmessaufnehmer erzielbare Messgenauigkeit auswirken.

**[0004]** Problematisch sind insoweit insb. Anwendungen, in denen der Drucksensor einem Temperaturunterschied zwischen der auf dessen Messmembran einwirkenden Mediumstemperatur und der auf dessen membranabgewandte Rückseite einwirkenden Umgebungstemperatur ausgesetzt sind. In diesen Anwendungen führt der Temperaturunterschied zur Ausbildung eines Temperaturgradienten entlang des Drucksensors, der die Messeigenschaften des Drucksensors verändernde thermische Ausdehnungen und/oder die Messeigenschaften des Drucksensors verändernde thermomechanische Spannungen verursachen kann. Durch Temperaturgradienten entlang des Drucksensors verursachte Messfehler können nicht ohne Weiteres anhand einer einfachen Temperaturmessung kompensiert werden.

**[0005]** Zur Lösung dieses Problems umfasst der Drucksensor des in der eingangs genannten DE 10 2015 122 220 A beschriebenen Druckmess-

aufnehmers einen Temperaturmesswandler zur Bereitstellung eines von der Temperatur des Drucksensors oder von einem Temperaturgradienten entlang des Drucksensors abhängigen elektrischen Größe. Dieser Temperaturmesswandler umfasst mindestens ein Thermoelement, das einen galvanischen Kontakt zwischen einem ersten Leiter und einem zweiten Leiter aufweist. Dabei kann mit einem im Drucksensor nahe der Messmembran angeordneten Thermoelement eine schnelle Registrierung von membranseitig auftretenden Temperatursprüngen erfolgen. Darüber hinaus kann mit einem Temperaturmesswandler mit zwei in Reihe geschalteten Thermoelementen, die jeweils einen galvanischen Kontakt zwischen einem Leiter des jeweiligen Thermoelements und einem die Kontakte beider Thermoelemente miteinander verbindenden Verbindungsleiter umfassen, eine direkte Messung eines im Drucksensor bzw. entlang des Drucksensors vorliegenden Temperaturgradienten durchgeführt werden. Anhand dieses Temperaturgradienten kann gemäß der DE 10 2015 122 220 A mittels einer an den elektromechanischen Wandler des Drucksensors und den Temperaturmesswandler angeschlossenen Betriebsschaltung eine Temperaturgradientenkompensation des mittels des Drucksensors gemessenen Drucks ausgeführt werden.

**[0006]** Zur Durchführung dieser Temperaturgradientenkompensation ist es jedoch erforderlich, die Thermoelemente im Drucksensor zu integrieren und den Temperaturmesswandler des Drucksensors und den elektromechanischen Wandler des Drucksensors an die Betriebsschaltung anzuschließen. Beides führt zu Einschränkungen hinsichtlich des Sensoraufbaus, sowie ggfs. auch hinsichtlich der im Drucksensor eingesetzten Werkstoffe, die die diesbezügliche Gestaltungsfreiheit einschränken.

**[0007]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen Druckmessaufnehmer der eingangs genannten Art anzugeben, der eine Kompensation eines durch einen entlang des Druckmessaufnehmers auftretenden Temperaturgradienten verursachten Messfehlers ermöglicht, ohne dass sich hierdurch Einschränkungen hinsichtlich des Sensoraufbaus und/oder der im Drucksensor eingesetzten Werkstoffe ergeben.

**[0008]** Hierzu umfasst die Erfindung einen Druckmessaufnehmer, mit einem in einem Gehäuse angeordneten keramischen Drucksensor, wobei der Drucksensor eine durch eine Öffnung des Gehäuses hindurch mit einem Druck beaufschlagbare Messmembran und einen elektromechanischen Wandler zur messtechnischen Erfassung einer vom auf die Messmembran einwirkenden Druck abhängigen Auslenkung der Messmembran umfasst, einem auf einem äußeren Rand einer membranabgewandten Rückseite des Drucksensors angeordneten Stützring,

einer Einspannvorrichtung, mittels der ein äußerer Randbereich des Drucksensors zusammen mit dem darauf angeordneten Stützring im Gehäuse eingespannt ist, und

einem Temperaturmesswandler zur Bereitstellung einer von einem Temperaturgradienten entlang des Druckmessaufnehmers abhängigen Thermospannung, der zwei in Reihe geschaltete Thermolemente umfasst, die jeweils einen galvanischen Kontakt zwischen einem elektrischen Leiter des jeweiligen Thermolements und einem die galvanischen Kontakte der beiden Thermolemente miteinander verbindenden elektrischen Verbindungsleiter umfassen, der sich dadurch auszeichnet, dass

auf einer Mantelfläche des Stützrings eine sich in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran verlaufender Richtung erstreckende elektrisch leitfähige Schicht angeordnet ist, die den Verbindungsleiter oder einen Leitungsabschnitt des Verbindungsleiters bildet oder umfasst, und

die beiden galvanischen Kontakte einen prozesszugewandten und einen prozessabgewandten Kontakt umfassen, die beide im Gehäuse außerhalb des Drucksensors angeordnet sind und in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran verlaufender Richtung voneinander beabstandet sind.

**[0009]** Bei erfindungsgemäßen Druckmessaufnehmern ist der Temperaturmesswandler derart ausgebildet, dass die zwischen den Leitern abgreifbare Thermospannung und entsprechend auch der mittels des Temperaturmesswandlers messtechnisch erfassbare Temperaturgradient einem innerhalb des Druckmessaufnehmers entlang des Temperaturmesswandlers oder zumindest entlang eines Abschnitts des Temperaturmesswandlers in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran verlaufender Richtung auftretenden Temperaturgradienten entspricht. Dieser Temperaturgradient ist abhängig von einem Temperaturprofil, dass sich beim Vorliegen eines Temperaturunterschieds zwischen der Mediumstemperatur und der Umgebungstemperatur aufgrund der Gegebenheiten innerhalb des Druckmessaufnehmers entlang des Druckmessaufnehmers ausbildet. Entsprechend kann anhand des Temperaturgradienten eine Kompensation eines durch das Temperaturprofil verursachten Messfehlers der mittels des Drucksensors ausführbaren Druckmessung durchgeführt werden.

**[0010]** Dabei bietet die Anordnung des Temperaturmesswandlers außerhalb des Drucksensors den Vorteil, dass sich durch den Temperaturmesswandler, sowie auch dessen Kontaktierung keinerlei Einschränkungen hinsichtlich des Sensoraufbaus und/oder der im Drucksensor eingesetzten Werkstoffe ergeben.

**[0011]** Darüber hinaus bietet die durch die Positionierung der beiden Kontakte vorgegebene Erstreckung des Temperaturmesswandlers in parallel zur

Flächennormale auf die Messmembran verlaufender Richtung den Vorteil, dass dieser Temperaturgradient in derjenigen Raumrichtung erfasst wird, in der beim Vorliegen eines Temperaturunterschieds zwischen der Mediumstemperatur und der Umgebungstemperatur das größte Temperaturgefälle auftritt.

**[0012]** Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der mittels des Temperaturmesswandlers erfassbare Temperaturgradient aufgrund der räumlichen Nähe zwischen dem Drucksensor und dem sich über den auf dem Drucksensor angeordneten Stützkörper erstreckenden Verbindungsleiter mit dem entlang des Drucksensors anliegenden Temperaturgradienten korreliert. Entsprechend bildet der mittels des Temperaturmesswandlers erfassbare Temperaturgradient in Anwendungen, in denen sich das entlang des Druckmessaufnehmers ausgebildete Temperaturprofil zeitlich gar nicht oder nur vergleichsweise langsam verändert, ein direktes Maß für den entlang des Drucksensors auftretenden, den durch das Temperaturprofil verursachten Messfehler maßgeblich mitbestimmenden Temperaturgradienten. Ein sich zeitlich gar nicht oder nur langsam veränderliches Temperaturprofil liegt z.B. in Anwendungen vor, denen sich die Mediumstemperatur und die Umgebungstemperatur jeweils zeitlich betragsmäßig um weniger als ein Grad Celsius pro Minute oder wenige Grad Celsius pro Minute verändern. In diesen Anwendungen führt eine anhand des erfindungsgemäß außerhalb des Drucksensors messtechnisch erfassten Temperaturgradienten ausgeführte Kompensation des durch das Temperaturprofil verursachten Messfehlers der Druckmessung zu einer Verbesserung der Messgenauigkeit, die der mit dem in der DE 10 2015 122 220 A beschriebenen im Drucksensor integrierten Temperaturmesswandler erzielbaren Verbesserung vergleichbar ist.

**[0013]** Optional können erfindungsgemäße Druckmessaufnehmer natürlich auch in Anwendungen eingesetzt werden, in denen sich die Mediumstemperatur und/oder die Umgebungstemperatur und damit auch das Temperaturprofil entlang des Druckmessaufnehmers zeitlich schneller verändern. Auch in diesen Anwendungen kann anhand des mittels des Temperaturmesswandlers erfassten Temperaturgradienten eine Kompensation eines von dem Temperaturprofil verursachten Messfehlers durchgeführt werden. Dabei besteht auch in diesen Anwendungen eine Korrelation zwischen dem entlang des Temperaturmesswandlers auftretenden Temperaturgradienten und dem entlang des Drucksensors auftretenden Temperaturgradienten. Allerdings können sich in diesen Anwendungen unter Umständen Einschränkungen hinsichtlich erzielbaren Verbesserung der Messgenauigkeit ergeben, wenn der Temperaturgradient entlang des außerhalb des Drucksensors angeordneten Temperaturmesswandlers dem entlang

des Drucksensors auftretenden Temperaturgradienten zeitlich verzögert folgt.

**[0014]** Eine erste Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass mindestens einer der beiden galvanische Kontakten auf der leitfähigen Schicht des Stützrings angeordnet ist, und/oder der prozessabgewandte galvanische Kontakt auf einem vom Drucksensor abgewandten Bereich der leitfähigen Schicht und der prozesszugewandte galvanische Kontakt auf einem dem Drucksensor zugewandten Bereich der leitfähigen Schicht angeordnet ist.

**[0015]** Eine zweite Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass der Verbindungsleiter zusätzlich zu dem durch die Schicht gebildeten oder von der Schicht umfassten Leitungsabschnitt mindestens einen weiteren Leitungsabschnitt umfasst, und mindestens einer der beiden Kontakte auf dem weiteren Leitungsabschnitt oder auf einem der weiteren Leitungsabschnitte angeordnet ist.

**[0016]** Eine dritte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass auf einer vom Drucksensor abgewandten Stirnseite des Stützrings ein Anschlussring angeordnet ist, auf dem Anschlussring eine einen weiteren Leitungsabschnitt der Verbindungsleitung bildende oder umfassende leitfähige Beschichtung angeordnet ist, die in elektrisch leitender Verbindung zu der auf dem Stützring angeordneten Schicht steht, und der prozessabgewandte galvanische Kontakt auf der Beschichtung des Anschlussrings angeordnet ist.

**[0017]** Weiterbildungen der dritten Weiterbildung zeichnen sich dadurch aus, dass die auf dem Stützring angeordnete Schicht einen sich über eine dem Anschlussring zugewandte Stirnseite des Stützrings erstreckenden Schichtbereich umfasst, auf dem ein sich über eine dem Stützring zugewandte Stirnseite des Anschlussrings erstreckender Beschichtungsbereich der Beschichtung des Anschlussrings aufliegt, der prozessabgewandte galvanische Kontakt auf einem sich über eine innere Mantelfläche des Anschlussrings erstreckenden Schichtbereich der Beschichtung des Anschlussrings angeordnet ist, und/oder der Anschlussring mittels der Einspannvorrichtung im Gehäuse eingespannt ist.

**[0018]** Eine vierte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass auf einer membranabgewandten Rückseite des Drucksensors eine elektrisch leitfähige, einen weiteren Leitungsabschnitt des Verbindungsleiters bildende oder umfassende Sensorbeschichtung angeordnet ist,

die Sensorbeschichtung in elektrisch leitender Verbindung zu der auf dem Stützring angeordneten Schicht steht, und der prozesszugewandte galvanische Kontakt auf der Sensorbeschichtung angeordnet ist.

**[0019]** Weiterbildungen der vierten Weiterbildung zeichnen sich dadurch aus, dass die Schicht einen sich über eine dem Drucksensor zugewandte Stirnseite des Stützkörpers erstreckenden Schichtbereich umfasst, die auf einem Beschichtungsgebiet der Sensorbeschichtung aufliegt, der prozesszugewandte galvanische Kontakt auf einem vom Stützkörper beabstandeten Schichtbereich der Sensorbeschichtung angeordnet ist, und/oder die Sensorbeschichtung als elektromagnetische Abschirmung des elektromechanischen Wandlers des Drucksensors ausgebildet ist, die einen Beschichtungsgebiet umfasst, der eine außenseitliche Mantelfläche des Drucksensors außenseitlich allseitig umgibt.

**[0020]** Eine fünfte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass mindestens einer der beiden Leiter jeweils

- a) als Kontakt-Pad ausgebildet ist,
- b) ein elektrisch leitfähiges Metall, eine metallische Legierung und/oder ein Metalloxid umfasst,
- c) ein Titanoxid (TiOx) oder ein Titan-Wolfram Oxid (TiWOx) umfasst, und/oder
- d) ein elektrisch leitfähiges Leiter-Material umfasst dessen Seebeck-Koeffizient von dem Seebeck-Koeffizienten des Materials des mit dem jeweiligen Leiter in unmittelbarem Kontakt stehenden Leitungsabschnitts verschieden ist.

**[0021]** Eine sechste Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass mindestens ein Leitungsabschnitt des Verbindungsleiters, die Schicht, die Beschichtung des Anschlussrings und/oder die Sensorbeschichtung jeweils

- a1) ein elektrisch leitfähiges Material umfasst, das gegenüber Platin einen Seebeck-Koeffizienten mit einem Betrag von größer gleich  $6 \mu\text{V/K}$  oder von größer gleich  $10 \mu\text{V/K}$  aufweist,
- a2) ein elektrisch leitfähiges Metall, eine metallische Legierung und/oder ein Metalloxid umfasst,
- a3) ein Titanoxid (TiOx), eine Kuper-Nickel Verbindung (CuNi), eine Nickel-Vanadium Verbindung (NiV) oder eine Nickel-Vanadium und Gold umfassende Verbindung (NiV/Au) umfasst, und/oder

a4) als durch Sputtern oder durch Abscheidung aus der Gasphase aufgebrauchte und/oder als eine Schichtdicke von größer gleich 100 nm oder von 1 µm bis 2 µm aufweisende Schicht ausgebildet ist.

**[0022]** Eine siebte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass der Verbindungsleiter den durch die Schicht gebildeten oder von der Schicht umfassten Leitungsabschnitt und mindestens einen weiteren Leitungsabschnitt umfasst, diese Leitungsabschnitte des Verbindungsleiters entweder alle aus dem gleichen Material bestehen oder zwei oder mehr Leitungsabschnitte aus unterschiedlichen Materialien umfassen, und eine Kombination der gleichen oder verschiedenen Seebeck-Koeffizienten der Materialien der Leitungsabschnitte des Verbindungsleiters und/oder eine räumliche Erstreckung des weiteren Leitungsabschnitts oder mindestens eines der weiteren Leitungsabschnitte in parallel und/oder senkrecht zur Flächennormale auf die Messmembran verlaufender Richtung derart ausgebildet ist, dass eine Summe aller sich entlang des Temperaturmesswandlers ausbildenden Teil-Thermospannungen, dem in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran des Drucksensors verlaufender Richtung im Druckmessaufnehmer entlang des Temperaturmesswandlers oder zumindest entlang eines Abschnitts des Temperaturmesswandlers vorliegenden Temperaturgradienten entspricht.

**[0023]** Eine achte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass der Stützkörper und/oder der Anschlussring aus Keramik bestehen, und/oder ein Abstand zwischen dem prozesszugewandten und dem prozessabgewandten galvanischen Kontakt in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran verlaufender Richtung größer gleich einem Mindestabstand von einem einfachen einer parallel zur Flächennormale auf die Messmembran verlaufenden Bauhöhe des Drucksensors und/oder kleiner gleich einem Maximalabstand von einem dreifachen dieser Bauhöhe ist.

**[0024]** Eine neunte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass der Temperaturmesswandler derart ausgebildet, dass die zwischen den Leitern abgreifbare Thermospannung dem mittels des Temperaturmesswandlers messtechnisch erfassbaren Temperaturgradient entspricht, wobei der Temperaturgradient einem innerhalb des Druckmessaufnehmers entlang des Temperaturmesswandlers oder zumindest entlang eines Abschnitts des Temperaturmesswandlers in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran verlaufender

fender Richtung auftretenden Temperaturgradienten entspricht.

**[0025]** Eine zehnte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass der Druckmessaufnehmer eine Kompensationseinrichtung umfasst, die derart ausgebildet ist, dass sie anhand des mittels des Drucksensors messtechnisch erfassten Drucks und des mittels des Temperaturmesswandlers messtechnisch erfassten Temperaturgradienten anhand von in einem Speicher abgelegten Kalibrationsdaten und/oder Kennlinien ein bezüglich eines von dem Temperaturgradienten abhängigen Messfehlers kompensiertes Druckmessergebnis bestimmt und zur Verfügung stellt, wobei die Kompensationseinrichtung entweder unmittelbar oder über eine an den Wandler des Drucksensors angeschlossene Druckmessschaltung, die dazu ausgebildet ist ein dem mittels des Wandlers des Drucksensors messtechnisch erfassten Druck entsprechendes Druckmesssignal zu erzeugen und zur Verfügung zu stellen, an den Wandler des Drucksensors angeschlossen ist, und wobei die Kompensationseinrichtung entweder unmittelbar oder über eine an den Temperaturmesswandler angeschlossene Temperaturmessschaltung, die dazu ausgestaltet ist ein dem mittels des Temperaturmesswandlers messtechnisch erfassten Temperaturgradienten entsprechendes Temperaturmesssignal zu erzeugen und zur Verfügung zu stellen, an den Temperaturmesswandler angeschlossen ist.

**[0026]** Eine Weiterbildung des Druckmessaufnehmers gemäß der dritten Weiterbildung und der vierten Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass die Beschichtung des Anschlussrings aus einem eine Nickel-Vanadium Verbindung umfassenden Material besteht, die Schicht des Stützkörpers aus einem mindestens ein Titanoxid umfassenden Material besteht und die Sensorbeschichtung aus einem eine Nickel-Vanadium Verbindung umfassenden Material besteht.

**[0027]** Die Erfindung und deren Vorteile werden nun anhand der Figuren der Zeichnung, in denen zwei Ausführungsbeispiele dargestellt sind, näher erläutert. Gleiche Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Um Komponenten mit zum Teil sehr unterschiedlichen Abmessungen darstellen zu können, wurde auf eine maßstabgetreue Darstellung verzichtet.

**Fig. 1** zeigt: einen Druckmessaufnehmer;

**Fig. 2** zeigt: ein Ersatzschaltbild des Temperaturmesswandlers von **Fig. 1**;

**Fig. 3** zeigt: einen Druckmessaufnehmer, bei dem der prozessabgewandte Kontakt auf einem Anschlussring angeordnet ist und der prozesszugewandte Kontakt auf einer membranabge-

wandten Rückseite des Drucksensors angeordnet ist, und

**Fig. 4** zeigt: ein Ersatzschaltbild des Temperaturmesswandlers von **Fig. 3**.

**[0028]** **Fig. 1** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Druckmessaufnehmers mit einem in einem Gehäuse **1** angeordneten keramischen Drucksensor **3**. Der Drucksensor **3** umfasst eine durch eine Öffnung **5** des Gehäuses **1** hindurch mit einem Druck  $p$  beaufschlagbare Messmembran **7** und einen elektromechanischen Wandler zur messtechnischen Erfassung einer vom auf die Messmembran **7** einwirkenden Druck  $p$  abhängigen Durchbiegung der Messmembran **7**.

**[0029]** Als Drucksensor **3** können aus dem Stand der Technik bekannte keramische Drucksensoren eingesetzt werden. **Fig. 1** zeigt als Beispiel einen Drucksensor **3**, dessen Messmembran **7** mittels einer Fügung **9**, wie z.B. einer Aktivhartlötung, unter Einschluss einer Druckkammer **11** mit einem Grundkörper **13** verbunden ist.

**[0030]** Als elektromechanischer Wandler können aus dem Stand der Technik bekannte Wandler eingesetzt werden. **Fig. 1** zeigt als Beispiel einen kapazitiven Wandler, der eine auf einer der Messmembran **7** zugewandten Oberfläche des Grundkörpers **13** angeordnete Messelektrode **15** umfasst, die zusammen mit einer auf einer dem Grundkörper **13** zugewandten Innenseite der Messmembran **7** angeordneten Gegenelektrode **17** einen Kondensator mit einer von der druckabhängigen Durchbiegung der Messmembran **7** abhängigen Messkapazität bildet. Optional kann der Wandler zusätzlich einen Referenzkondensator mit einer im wesentlichen druckunabhängigen Referenzkapazität umfassen. **Fig. 1** zeigt als Beispiel einen durch eine die Messelektrode **15** außenseitlich umgebende, von der Messelektrode **15** beabstandete Referenzelektrode **19** und die Gegenelektrode **17** gebildeten Referenzkondensator.

**[0031]** Anstelle des hier dargestellten Drucksensors **3** können in erfindungsgemäßen Druckmessaufnehmern aber auch einen anders ausgebildeten kapazitiven Wandler, einen auf einem anderen Wandlerprinzip basierenden Wandler, z.B. einen resistiven oder einen optischen Wandler, und/oder einen anderen Sensoraufbau aufweisende keramische Drucksensoren eingesetzt werden.

**[0032]** Zusätzlich umfasst der Druckmessaufnehmer einen auf einem äußeren Rand einer membranabgewandten Rückseite des Drucksensors **3** angeordneten Stützring **21** und eine Einspannvorrichtung mittels der ein äußerer Randbereich des Drucksensors **3** zusammen mit dem darauf angeordneten Stützring **21** im Gehäuse **1** eingespannt ist.

**[0033]** Als Einspannvorrichtung eignet sich z.B. eine Vorrichtung, in der der Drucksensor **3** und der Stützkörper **21** zwischen einem Lager **23**, wie z.B. der in **Fig. 1** dargestellten, sich radial nach innen erstreckenden, die Öffnung **5** außenseitlich allseitig umgebenden Schulter des Gehäuses **1**, und einem auf der membranabgewandten Seite des Drucksensors **3** in das Gehäuse **1** eingesetzten Gegenlager **25**, wie z.B. einem in **Fig. 1** dargestellten Druckring, in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran **7** verlaufender Richtung eingespannt ist. Dabei ist zwischen dem äußeren Rand der Messmembran **7** und dem Lager **23** eine den Gehäuseinnenraum gegenüber dem Medium abdichtende Prozessdichtung **27** eingespannt. Optional ist zwischen der vom Drucksensor **3** abgewandten Stirnseite des Stützrings **21** und dem Gegenlager **25** vorzugsweise ebenfalls eine Dichtung **29**, wie z.B. eine Flachdichtung, angeordnet.

**[0034]** Darüber hinaus umfasst der Druckmessaufnehmer einem Temperaturmesswandler zur Bereitstellung einer von einem Temperaturgradienten entlang des Druckmessaufnehmers abhängigen Thermospannung  $U_{th}$ , der zwei in Reihe geschaltete Thermoelemente umfasst. Diese Thermoelemente umfassen jeweils einen galvanischen Kontakt **K1**, **K2** zwischen einem elektrischen Leiter **31**, **33** des jeweiligen Thermoelements und einem die galvanischen Kontakte **K1**, **K2** der beiden Thermoelemente elektrisch leitend miteinander verbindenden Verbindungsleiter **35**.

**[0035]** Erfindungsgemäß ist auf einer Mantelfläche des Stützrings **21** eine sich in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran **7** verlaufender Richtung erstreckende, elektrisch leitfähige Schicht **37** angeordnet. Diese Schicht **37** ist derart ausgebildet, dass sie den Verbindungsleiter **35** oder einen Leitungsabschnitt **39** des Verbindungsleiters **35** bildet oder umfasst. Dabei umfassen die beiden über die Schicht **37** miteinander verbundenen galvanischen Kontakte **K1**, **K2** einen prozesszugewandten Kontakt **K1** und einen prozessabgewandten Kontakt **K2**. Diese beiden Kontakte **K1**, **K2** sind beide im Gehäuse **1** außerhalb des Drucksensors **3** angeordnet und in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran **7** verlaufender Richtung voneinander beabstandet.

**[0036]** Betrachtet man eine Messsituation bei der die Messmembran **7** prozessseitig einer Mediumstemperatur des unter dem zu messenden Druck  $p$  stehenden Mediums ausgesetzt ist, die von einer Umgebungstemperatur des Druckmessaufnehmers verschieden ist, so bildet sich entlang des Druckmessaufnehmers in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran **7** verlaufender Richtung  $z$  ein von den Gegebenheiten innerhalb des Druckmessaufnehmers abhängiges Temperaturprofil  $T(z)$  aus. Dabei herrscht an der Position des prozesszugewandten Kontakts **K1** eine dem Temperaturprofil  $T(z)$  ent-

sprechende Temperatur  $T_1$ , die von einer dem Temperaturprofil  $T(z)$  entsprechenden an der Position des prozessabgewandten Kontakts K2 herrschenden Temperatur  $T_2$  verschieden ist. Entsprechend steht über die in Reihe geschalteten Thermolemente eine zwischen den beiden Leitern **31**, **33** abgreifbare Thermospannung  $U_{th}$  zur Verfügung, die einem im Druckmessaufnehmer entlang des von dem Temperaturmesswandler in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran **7** verlaufender Richtung abgedeckten Bereichs des Druckmessaufnehmers vorliegenden Temperaturgradienten  $\Delta T$  entspricht. Folglich kann die z.B. über an die Leiter **31**, **33** angeschlossene Anschlussleitungen L1, L2 abgreifbare Thermospannung  $U_{th}$  und/oder der anhand der Thermospannung  $U_{th}$  messtechnisch erfassbare oder erfasste Temperaturgradient  $\Delta T$  zur Kompensation eines durch das Temperaturprofil  $T(z)$  verursachten Messfehlers der mittels des Drucksensors **3** ausführbaren oder ausgeführten Druckmessung herangezogen werden.

**[0037]** Erfindungsgemäße Druckmessaufnehmer weisen die eingangs genannten Vorteile auf. Dabei können einzelne Komponenten jeweils einzeln und/oder in Kombination miteinander einsetzbare unterschiedliche Ausgestaltungen aufweisen. Einige derzeit bevorzugte optionale Ausgestaltungen sind nachfolgend anhand der in den **Fig. 1** und **Fig. 3** dargestellten, auf die zuvor beschriebene Weise ausgebildeten Druckmessaufnehmern beschrieben.

**[0038]** Eine Ausführungsvariante sieht vor, dass mindestens einer der beiden Kontakte K1, K2 auf der leitfähigen Schicht **37** des Stützrings **21** angeordnet ist.

**Fig. 1** zeigt hierzu ein Beispiel, bei dem der prozesszugewandte galvanische Kontakt K1 auf einem dem Drucksensor **3** zugewandten Bereich der leitfähigen Schicht **37** des Stützkörpers **21** angeordnet ist und der prozessabgewandte Kontakt K2 auf einem vom Drucksensor **3** abgewandten Bereich der leitfähigen Schicht **37** des Stützrings **21** angeordnet ist. Bei dieser Variante bildet oder umfasst die leitfähige Schicht **37** den Verbindungsleiter **35** mit dem die Leiter **31**, **33** der beiden Thermolemente verbunden sind. Entsprechend umfasst der Verbindungsleiter **35** hier nur einen einzigen, durch die Schicht **37** gebildeten oder von der Schicht **37** umfassten Leitungsabschnitt **39**.

**Fig. 2** zeigt ein Ersatzschaltbild des in **Fig. 1** dargestellten Temperaturmesswandlers. Dort ist die zwischen den beiden Leitern **31**, **33** über die daran angeschlossenen Anschlussleitungen L1, L2 abgreifbare Thermospannung  $U_{th}$  gleich der Summe der sich über die Kontakte K1, K2 ausbildenden, temperaturabhängigen Teil-Thermospannungen. Folglich entspricht der mittels

der Thermospannung  $U_{th}$  messtechnisch erfassbare oder erfasste Temperaturgradient  $\Delta T$  hier der Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur  $T_1$  an der Position des prozesszugewandten Kontakts K1 und der Temperatur  $T_2$  an der Position des prozessabgewandten Kontakts K2.

**[0039]** Bei erfindungsgemäßen Druckmessaufnehmern umfassen die Leiter **31**, **33** jeweils ein Leiter-Material, dessen Seebeck-Koeffizient von einem Seebeck-Koeffizienten des Materials des unmittelbar daran angrenzenden Leitungsabschnitts **39** des Verbindungsleiters **35** verschieden ist.

**[0040]** Optional umfasst die leitfähige Schicht **37** vorzugsweise ein Material, das gegenüber Platin einen Seebeck-Koeffizienten aufweist, dessen Betrag möglichst groß ist. Hierzu eignen sich insb. Materialien, die gegenüber Platin einen Seebeck-Koeffizienten mit einem Betrag von größer gleich  $6 \mu\text{V/K}$ , besonders bevorzugt von größer gleich  $10 \mu\text{V/K}$  aufweisen. Insoweit besonders geeignete Materialien sind mindestens ein Titanoxid  $\text{TiOx}$  umfassende Materialien, eine Kuper-Nickel Verbindung  $\text{CuNi}$  umfassende Materialien, eine Nickel-Vanadium Verbindung  $\text{NiV}$  umfassende Materialien, sowie eine Nickel-Vanadium und Gold umfassende Verbindung  $\text{NiV/Au}$  umfassende Materialien. Alternativ können aber auch andere Materialien mit entsprechendem Seebeck-Koeffizienten, wie z.B. elektrisch leitfähige Metalle, metallische Legierungen und/oder Metalloxide umfassende Materialien mit entsprechendem Seebeck-Koeffizienten eingesetzt werden.

**[0041]** Alternativ oder zusätzlich hierzu wird in erfindungsgemäßen Druckmessaufnehmern vorzugsweise eine Materialkombination eingesetzt, bei der der Betrag der Differenz der Seebeck-Koeffizienten des jeweiligen Leiter-Materials und des Materials des mit dem jeweiligen Leiter **31**, **33** in unmittelbarem Kontakt stehenden Leitungsabschnitts **39** des Verbindungsleiters **35** möglichst groß ist. In Verbindung mit den zuvor als Beispiel für das Material der Schicht **37** genannten Materialien eignen sich insb. ein Titanoxid  $\text{TiOx}$  oder ein Titan-Wolfram Oxid  $\text{TiWOx}$  umfassende Leiter-Materialien. Alternativ können aber auch andere Leiter-Materialien mit entsprechendem Seebeck-Koeffizienten, wie z.B. elektrisch leitfähige Metalle, metallische Legierungen und/oder Metalloxide umfassende Materialien mit entsprechendem Seebeck-Koeffizienten eingesetzt werden.

**[0042]** Optional können die beiden Leiter **31**, **33** aus verschiedenen Leiter-Materialien bestehen. Vorzugsweise bestehen sie jedoch aus dem gleichen Leiter-Material.

**[0043]** Sowohl der gegenüber Platin betragsmäßig große Seebeck-Koeffizient des Materials der leitfähigen Schicht **37** als auch die alternativ oder zusätzlich

hierzu vorgesehenen betragsmäßig großen Differenzen zwischen dem Seebeck-Koeffizienten des Materials der Schicht **37** und den Seebeck-Koeffizienten der Leiter-Materialien der an die Schicht **37** angrenzenden Leiter **31**, **33** bewirken jeweils eine Vergrößerung der über die beiden Leiter **31**, **33** abgreifbaren Thermospannung  $U_{th}$  und verbessern somit die Messempfindlichkeit und die Messgenauigkeit des Temperatormesswandler.

**[0044]** Alternativ zu der in **Fig. 1** dargestellten Positionierung beider Kontakte K1, K2 auf der Schicht **37** kann der prozessabgewandte und/oder der prozesszugewandte Kontakt K1, K2 erfindungsgemäßer Druckmessaufnehmer aber auch an andere Stelle innerhalb des Gehäuses **1** angeordnet sein. In dem Fall umfasst der die beiden Kontakte K1, K2 verbindende Verbindungsleiter **35** zusätzlich zu dem durch die Schicht **37** gebildeten oder von der Schicht **37** umfassten Leitungsabschnitt **39** mindestens einen weiteren Leitungsabschnitt **41**, **43** und mindestens einer der beiden Kontakte K1, K2 ist auf einem der weiteren Leitungsabschnitte **41**, **43** angeordnet. **Fig. 3** zeigt ein Beispiel eines Druckmessaufnehmers dessen Verbindungsleiter **35** drei Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** umfasst.

**[0045]** Bei dieser Ausführungsvariante bestehen die weiteren Leitungsabschnitte **41**, **43** vorzugsweise jeweils aus dem gleichen Material, wie der durch die Schicht **37** gebildete oder von der Schicht **37** umfasste Leitungsabschnitt **39**. Das bietet den Vorteil, dass sich der zwei oder mehr Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** aufweisende Verbindungsleiter **35** hinsichtlich der über die beiden Leiter **31**, **33** abgreifbaren Thermospannung  $U_{th}$  zumindest näherungsweise wie der zuvor anhand von **Fig. 1** und **Fig. 2** beschriebene, nur einen einzigen Leitungsabschnitt **39** umfassende Verbindungsleiter **35** verhält.

**[0046]** Alternativ können die Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** des Verbindungsleiters **35** aber auch zwei oder mehr Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** aus unterschiedlichen Materialien umfassen. Als Materialien für die einzelnen weiteren Leitungsabschnitte **41**, **43** eignen sich z.B. die zuvor als Beispiele für das Material der Schicht **37** genannten Materialien. In diesem Fall wirkt jeder Bereich des Verbindungsleiters **35**, in dem zwei Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** aus Materialien mit unterschiedlichen Seebeck-Koeffizienten aneinander angrenzen, jeweils wie ein zusätzliches zu den beiden die galvanischen Kontakte K1, K2 umfassende Thermolemente in Reihe geschaltetes Thermolement, über das sich eine Teil-Thermospannung ausbildet. Dabei ist die Größe und die Polarität dieser Teil-Thermospannungen abhängig von dem in dem Bereich des jeweiligen zusätzlichen Thermolements vorliegenden Temperaturprofil  $T(z)$  und der Differenz der Seebeck-Koeffizienten der Materialien der jeweiligen aneinander angrenzenden Leitungsab-

schnitte **39**, **41**, **43**. Auch bei dieser Ausführungsvariante ist der Temperatormesswandler derart auszubilden, dass die Summe aller sich entlang des Temperatormesswandlers ausbildenden Teil-Thermospannungen dem in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran **7** des Drucksensors **3** verlaufender Richtung im Druckmessaufnehmer entlang des Temperatormesswandlers oder zumindest entlang eines Abschnitts des Temperatormesswandlers vorliegenden Temperaturgradienten  $\Delta T$  entspricht. Das kann z.B. durch eine dementsprechende Kombination der Seebeck-Koeffizienten der Materialien der Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** des Verbindungsleiters **35** und/oder eine dementsprechende räumliche Erstreckung mindestens eines der weiteren Leitungsabschnitte **41**, **43** in parallel und/oder senkrecht zur Flächennormale auf die Messmembran **7** verlaufender Richtung bewirkt werden.

**[0047]** Auch in Verbindung mit zwei oder mehr Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** aufweisenden Verbindungsleitern **35** werden Materialkombinationen eingesetzt, bei denen die Leiter **31**, **33** jeweils ein Leiter-Material umfassen, dessen Seebeck-Koeffizient von einem Seebeck-Koeffizienten des Materials des unmittelbar daran angrenzenden Leitungsabschnitts **41**, **43** des Verbindungsleiters **35** verschieden ist. Dabei werden auch hier vorzugsweise Materialkombinationen eingesetzt, bei denen der Betrag der Differenz der Seebeck-Koeffizienten des jeweiligen Leiter-Materials und des Materials des mit dem jeweiligen Leiter **31**, **33** in unmittelbarem Kontakt stehenden Leitungsabschnitts **41**, **43** des Verbindungsleiters **35** möglichst groß ist. In Verbindung mit dem zuvor als Beispiel für die Materialien der Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** genannten Materialien eignen sich auch hier die zuvor bereits in Verbindung mit dem in **Fig. 1** dargestellten Druckmessaufnehmer genannten Leiter-Materialien.

**[0048]** Der in **Fig. 3** dargestellte Druckmessaufnehmer umfasst einen auf einer vom Drucksensor **3** abgewandten Stirnseite des Stützrings **21** angeordneten Anschlussring **45**. Auf dem Anschlussring **45** ist eine leitfähige Beschichtung **47** angeordnet, die in elektrisch leitender Verbindung zu der auf dem ersten Stützring **21** angeordneten Schicht **37** steht. Diese Verbindung wird in dem in **Fig. 3** gezeigten Beispiel dadurch erzielt, dass die auf dem Stützring **21** angeordnete Schicht **37** einen sich über eine dem Anschlussring **45** zugewandte Stirnseite des Stützrings **21** erstreckenden Schichtbereich umfasst, auf dem ein sich über eine dem Stützring **21** zugewandte Stirnseite des Anschlussrings **45** erstreckender Beschichtungsbereich der Beschichtung **47** des Anschlussrings **45** aufliegt. Die durch das Aufliegen bewirkte elektrisch leitfähige Verbindung wird hier zusätzlich dadurch verstärkt, dass der Schichtbereich und der darauf aufliegende Beschichtungsbereich durch die hier zusätzlich auch die Einspannung des

Anschlussrings **45** bewirkende Einspannvorrichtung gegeneinandergespreßt werden.

**[0049]** Bei diesem Beispiel bildet oder umfasst die Beschichtung **47** des Anschlussrings **45** den weiteren Leitungsabschnitt **41** des Verbindungsleiters **35**, auf dem der prozessabgewandte galvanische Kontakt K2 des Temperaturmesswandlers angeordnet ist. **Fig. 3** zeigt hierzu ein Beispiel, bei dem der prozessabgewandte galvanische Kontakt K2 auf einem sich über eine innere Mantelfläche des Anschlussrings **45** erstreckenden Schichtbereich der Beschichtung **47** des Anschlussrings **45** angeordnet ist. Entsprechend ist der zugehörige Leiter **33** auf dem sich über die innere Mantelfläche des Anschlussrings **45** erstreckenden Beschichtungsbereich angeordnet.

**[0050]** Alternativ oder zusätzlich zu der Anordnung des prozessabgewandten Kontakts K2 auf dem weiteren Leitungsabschnitt **41**, kann natürlich auch der prozesszugewandte Kontakt K1 auf einem weiteren Leitungsabschnitt **43** des Verbindungsleiters **35** angeordnet sein. **Fig. 3** zeigt hierzu ein Beispiel, bei dem auf einer membranabgewandten Rückseite des Drucksensors **3** eine leitfähige Sensorbeschichtung **49** angeordnet, die in elektrisch leitender Verbindung zu der auf dem Stützring **21** angeordneten Schicht **37** steht. Hier bildet oder umfasst die Sensorbeschichtung **49** den weiteren Leitungsabschnitt **43** des Verbindungsleiters **35**, auf der der prozesszugewandte galvanische Kontakt K1 des Temperaturmesswandlers angeordnet ist. Entsprechend ist der zugehörige Leiter **33** hier auf einem vom Stützkörper **21** beabstandeten Schichtbereich der Sensorbeschichtung **49** angeordnet.

**[0051]** Dabei wird die elektrisch leitende Verbindung zwischen der Sensorbeschichtung **49** und der auf dem Stützkörper **21** angeordneten Schicht **37** vorzugsweise dadurch erzielt, dass die Schicht **37** einen sich über eine dem Drucksensor **3** zugewandte Stirnseite des Stützkörpers **21** erstreckenden Schichtbereich umfasst, der auf einem Beschichtungsbereich der Sensorbeschichtung **49** aufliegt. Dabei werden der Beschichtungsbereich der Sensorbeschichtung **49** und der darauf aufliegende Schichtbereich der Schicht **37** durch die Einspannvorrichtung gegeneinandergespreßt.

**[0052]** Bestehen die Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** des Verbindungsleiters **35** des in **Fig. 3** dargestellten Druckmessaufnehmers aus dem gleichen Material, so ergibt sich auch hier zumindest näherungsweise das in **Fig. 2** dargestellte Ersatzschaltbild.

**[0053]** Umfassen die Materialien der Leitungsabschnitte **39**, **41**, **43** des Verbindungsleiters **35** zwei oder mehr Materialien mit unterschiedlichem Seebeck-Koeffizienten, so ergibt sich das in **Fig. 4** dargestellte Ersatzschaltbild. Bei dieser Ausführungsform

eignet sich z.B. eine Materialkombination, bei der die Beschichtung **47** des Anschlussrings **45** aus einem eine Nickel-Vanadium Verbindung NiV umfassenden Material besteht, die Schicht **37** des Stützkörpers **21** aus einem mindestens ein Titanoxid Ti-Ox umfassenden Material besteht und die Sensorbeschichtung **49** aus einem eine Nickel-Vanadium Verbindung NiV umfassenden Material besteht.

**[0054]** Geht man davon aus, dass im Bereich des prozesszugewandten galvanischen Kontakts K1 eine Temperatur  $T_1$  herrscht, die aufgrund der senkrecht zur Flächennormale auf die Messmembran **7** verlaufenden Ausrichtung der Sensorbeschichtung **49** auf der Rückseite des Drucksensors **3** zumindest näherungsweise gleich der im Bereich der elektrisch leitfähigen Verbindung zwischen der Schicht **37** und der Sensorbeschichtung **49** herrschenden Temperatur  $T_1$  ist, so kann der Beitrag des durch die Sensorbeschichtung **49** gebildeten oder von der Sensorbeschichtung **49** umfassten Leitungsabschnitts **43** zur Thermospannung  $U_{th}$  als vernachlässigbar gering angesehen werden. Diese Annahme ist zumindest beim Vorliegen eines zumindest näherungsweise stationären Temperaturprofils  $T(z)$  regelmäßig erfüllt und ermöglicht einen größeren Gestaltungsspielraum hinsichtlich des Materials der Sensorbeschichtung **49**.

**[0055]** Optional kann die Sensorbeschichtung **49** zugleich auch als elektromagnetische Abschirmung des elektromechanischen Wandlers des Drucksensors **3** ausgebildet sein. In dem Fall umfasst die Sensorbeschichtung **49** vorzugsweise einen in **Fig. 3** als Option ebenfalls dargestellten Beschichtungsbereich **51**, der eine außenseitliche Mantelfläche des Drucksensors **3** außenseitlich allseitig umgibt.

**[0056]** In Abwandlung des in **Fig. 3** dargestellten Beispiels ist es natürlich auch möglich anstelle eines der beiden in **Fig. 3** dargestellten Kontakte K1, K2 den entsprechenden in **Fig. 1** dargestellten Kontakt K1, K2 einzusetzen, in dem der zugehörige Leiter **31**, **33** auf der Schicht **37** des Stützkörpers **21** angeordnet wird.

**[0057]** Unabhängig von der Position der beiden galvanischen Kontakte K1, K2 ist die Formgebung der zugehörigen Leiter **31**, **33** innerhalb vergleichsweise weiter Grenzen frei wählbar und somit flexibel an die Gegebenheiten im Gehäuse **1** anpassbar. **Fig. 1** und **Fig. 3** zeigen ein Beispiel, bei dem die Leiter **31**, **33** jeweils als Kontakt-Pads ausgebildet sind. Das bietet den Vorteil, dass sie nur sehr wenig Platz im Gehäuse **1** beanspruchen und jeweils problemlos auf dem Verbindungsleiter **35**, z.B. auf der Schicht **37**, auf der Beschichtung **47** des Anschlussrings **45**, bzw. auf der Sensorbeschichtung **49** aufgebracht, z.B. aufgelötet, werden können.

**[0058]** Alternativ oder zusätzlich hierzu ist der Abstand zwischen dem prozesszugewandten und dem prozessabgewandten Kontakt K1, K2 in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran **7** verlaufender Richtung vorzugsweise größer gleich einem Mindestabstand von einem einfachen einer parallel zur Flächennormale auf die Messmembran **7** verlaufenden Bauhöhe des Drucksensors **3** und/oder kleiner gleich einem Maximalabstand von einem dreifachen dieser Bauhöhe. Dabei kann der Drucksensor **3** eine für keramische Drucksensoren **3** durchaus übliche Bauhöhe, wie z.B. eine Bauhöhe in der Größenordnung von einem oder mehreren Zentimetern aufweisen. Der Mindestabstand bietet den Vorteil, dass hierdurch sichergestellt ist, dass beim Vorliegen eines die Messgenauigkeit der Druckmessung beeinträchtigenden Temperaturprofils  $T(z)$  entlang des Temperaturmesswandlers ein ausreichend großer mittels des Temperaturmesswandlers erfassbarer Temperaturgradient  $\Delta T$  auftritt. Der Maximalabstand bietet den Vorteil, dass die Ausdehnung des Temperaturmesswandlers hierdurch auf einen Bereich des Druckmessaufnehmers beschränkt ist, in dem das Temperaturprofil  $T(z)$  in enger Beziehung zu dem sich über den Drucksensor **3** ausbildenden Temperaturgradient steht.

**[0059]** Alternativ oder zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Ausgestaltungen besteht der Stützkörper **21** vorzugsweise aus einem Material, dessen thermische Eigenschaften im Wesentlichen gleich den thermischen Eigenschaften des keramischen Drucksensors **3** oder diesen zumindest möglichst ähnlich sind. Hierzu besteht der Stützkörper **21** vorzugsweise aus Keramik, wobei er vorzugsweise aus der gleichen Keramik besteht, wie der Drucksensor **3**, insb. dessen Messmembran **7** und dessen Grundkörper **13**. Genauso besteht auch der optional ggfs. vorgesehene Anschlussring **45** vorzugsweise aus diesem Material.

**[0060]** Optional ist mindestens ein Leitungsabschnitt **39**, **41**, **43** des Verbindungsleiters **35**, die Schicht **37** des Stützkörpers **21**, die Beschichtung **47** des Anschlussrings **45** und/oder die Sensorbeschichtung **49** jeweils als durch Sputtern oder durch Abscheidung aus der Gasphase aufgebrachte und/oder eine Schichtdicke von größer gleich 100 nm, vorzugsweise von 1  $\mu\text{m}$  bis 2  $\mu\text{m}$ , aufweisende Schicht ausgebildet.

**[0061]** Wie bereits zuvor beschrieben, ist der mittels des Temperaturmesswandlers ermittelbare oder ermittelte Temperaturgradient  $\Delta T$  abhängig von dem entlang des Druckmessaufnehmers ausgebildeten Temperaturprofil  $T(z)$  und korreliert aufgrund der zeitlich unveränderlichen baulichen Gegebenheiten innerhalb des Druckmessaufnehmers mit dem entlang des Drucksensors **3** vorliegenden Temperaturgradienten. Entsprechend kann anhand der mittels des

Temperaturmesswandlers bereitgestellten Thermo- spannung  $U_{\text{th}}$  und/oder dem der Thermo- spannung  $U_{\text{th}}$  entsprechenden Temperaturgradienten  $\Delta T$  eine Kompensation des durch das Temperaturprofil  $T(z)$  verursachten Messfehlers des mittels des Drucksensoren **3** messtechnisch erfassbaren oder erfassten Drucks  $p$  ausgeführt werden.

**[0062]** Diese Kompensation kann natürlich außerhalb des Druckmessaufnehmers vorgenommen werden. Vorzugsweise wird sie jedoch mittels einer im Druckmessaufnehmer integrierten Kompensationseinrichtung **53** ausgeführt. **Fig. 1** und **Fig. 3** zeigen hierzu ein Beispiel, bei dem die Kompensationseinrichtung **53** im Gehäuse **1** des Druckmessaufnehmers angeordnet ist. Die Kompensationseinrichtung **53** ist an den Temperaturmesswandler und an den elektromechanischen Wandler angeschlossen. Zusätzlich ist die Kompensationseinrichtung **53** derart ausgebildet, dass sie anhand des mittels des Drucksensors **3** messtechnisch erfassten Drucks  $p$  und des mittels des Temperaturmesswandlers messtechnisch erfassten Temperaturgradienten  $\Delta T$  ein bezüglich eines von dem Temperaturgradienten  $\Delta T$  abhängigen Messfehlers kompensiertes Druckmessergebnis bestimmt und zur Verfügung stellt. Dabei wird die Kompensation vorzugsweise anhand von in einem Speicher **55** des Druckmessaufnehmers abgelegten Kalibrationsdaten und/oder Kennlinien ausgeführt, die die Abhängigkeit des mittels des Drucksensors **3** messtechnisch erfassten Drucks  $p$  von dem mittels des Temperaturmesswandlers erfassten Temperaturgradienten  $\Delta T$  wiedergeben. Diese Kalibrationsdaten und/oder Kennlinien umfassend vorzugsweise in einem Kalibrationsverfahren ermittelte Kalibrationsdaten und/oder Kennlinien, die während des Vorliegens unterschiedlicher jeweils im Wesentlichen stationärer Temperaturprofile  $T(z)$  entlang des Druckmessaufnehmers aufgezeichnet wurden.

**[0063]** Der Anschluss der Kompensationseinrichtung **53** an den Wandler des Drucksensors **3** kann unmittelbar erfolgen. Vorzugsweise erfolgt dieser Anschluss jedoch über eine an den Wandler des Drucksensors **3** angeschlossene Druckmessschaltung **57**, die ein dem mittels des Wandlers des Drucksensors **3** messtechnisch erfassten Druck  $p$  entsprechendes Druckmesssignal  $S(P)$  erzeugt und zur Verfügung zu stellt.

**[0064]** Analog kann auch der Anschluss der Kompensationseinrichtung **53** an den Temperaturmesswandler unmittelbar erfolgen. Vorzugsweise erfolgt dieser Anschluss jedoch über eine über die Anschlussleitungen L1, L2 an die Leiter **31**, **33** des Temperaturmesswandlers angeschlossene Temperaturmessschaltung **59**, die derart ausgebildet ist, dass sie anhand der zwischen den beiden Leitern **31**, **33** anliegenden Thermo- spannung  $U_{\text{th}}$  ein dem Tempera-

turgradienten  $\Delta T$  entsprechendes Temperaturmesssignal  $S(\Delta T)$  erzeugt und zur Verfügung stellt.

**[0065]** Das bietet den Vorteil, dass die Druckmessschaltung **57** in geringem Abstand zum Drucksensor **3** und/oder die Temperaturmessschaltung **59** in geringem Abstand zum Temperaturmesswandler angeordnet werden können. Hierdurch werden durch lange Übertragungswege oder äußere Störeinflüsse verursachte Beeinträchtigungen der von dem jeweiligen Wandler bereitgestellten elektrischen Größe(n) weitgehend vermieden.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Gehäuse
<b>3</b>	Drucksensor
<b>5</b>	Öffnung
<b>7</b>	Messmembran
<b>9</b>	Fügung
<b>11</b>	Druckkammer
<b>13</b>	Grundkörper
<b>15</b>	Messelektrode
<b>17</b>	Gegenelektrode
<b>19</b>	Referenzelektrode
<b>21</b>	Stützring
<b>23</b>	Lager
<b>25</b>	Gegenlager
<b>27</b>	Prozessdichtung
<b>29</b>	Dichtung
<b>31</b>	Leiter
<b>33</b>	Leiter
<b>35</b>	Verbindungsleiter
<b>37</b>	Schicht
<b>39</b>	Leitungsabschnitt
<b>41</b>	Leitungsabschnitt
<b>43</b>	Leitungsabschnitt
<b>45</b>	Anschlussring
<b>47</b>	Beschichtung
<b>49</b>	Sensorbeschichtung
<b>51</b>	Beschichtungsbereich
<b>53</b>	Kompensationseinrichtung
<b>55</b>	Speicher
<b>57</b>	Druckmessschaltung
<b>59</b>	Temperturmessschaltung

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 10334854 A1 [0002]
- DE 102004057967 A [0002]
- EP 0995979 A1 [0002]
- DE 102015122220 A [0005, 0012]

## Patentansprüche

1. Druckmessaufnehmer, mit einem in einem Gehäuse (1) angeordneten keramischen Drucksensor (3), wobei der Drucksensor (3) eine durch eine Öffnung (5) des Gehäuses (1) hindurch mit einem Druck (p) beaufschlagbare Messmembran (7) und einen elektromechanischen Wandler zur messtechnischen Erfassung einer vom auf die Messmembran (7) einwirkenden Druck (p) abhängigen Auslenkung der Messmembran (7) umfasst, einem auf einem äußeren Rand einer membranabgewandten Rückseite des Drucksensors (3) angeordneten Stützring (21), einer Einspannvorrichtung, mittels der ein äußerer Randbereich des Drucksensors (3) zusammen mit dem darauf angeordneten Stützring (21) im Gehäuse (1) eingespannt ist, und einem Temperaturmesswandler zur Bereitstellung einer von einem Temperaturgradienten ( $\Delta T$ ) abhängigen Thermospannung ( $U_{th}$ ), der zwei in Reihe geschaltete Thermoelemente umfasst, die jeweils einen galvanischen Kontakt (K1, K2) zwischen einem elektrischen Leiter (31, 33) des jeweiligen Thermoelements und einem die galvanischen Kontakte (K1, K2) der beiden Thermoelemente miteinander verbindenden elektrischen Verbindungsleiter (35) umfassen, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf einer Mantelfläche des Stützrings (21) eine sich in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran (7) verlaufender Richtung erstreckende elektrisch leitfähige Schicht (37) angeordnet ist, die den Verbindungsleiter (35) oder einen Leitungsabschnitt (39) des Verbindungsleiters (35) bildet oder umfasst, und die beiden galvanischen Kontakte (K1, K2) einen prozesszugewandten und einen prozessabgewandten Kontakt (K1, K2) umfassen, die beide im Gehäuse (1) außerhalb des Drucksensors (3) angeordnet sind und in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran (7) verlaufender Richtung voneinander beabstandet sind.

2. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens einer der beiden galvanische Kontakten (K1, K2) auf der leitfähigen Schicht (37) des Stützrings (21) angeordnet ist, und/oder der prozessabgewandte galvanische Kontakt (K2) auf einem vom Drucksensor (3) abgewandten Bereich der leitfähigen Schicht (37) und der prozesszugewandte galvanische Kontakt (K1) auf einem dem Drucksensor (3) zugewandten Bereich der leitfähigen Schicht (37) angeordnet ist.

3. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungsleiter (35) zusätzlich zu dem durch die Schicht (37) gebildeten oder von der Schicht (37)

umfassten Leitungsabschnitt (39) mindestens einen weiteren Leitungsabschnitt (41, 43) umfasst, und mindestens einer der beiden Kontakte (K1, K2) auf dem weiteren Leitungsabschnitt (41, 43) oder auf einem der weiteren Leitungsabschnitte (41, 43) angeordnet ist.

4. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf einer vom Drucksensor (3) abgewandten Stirnseite des Stützrings (21) ein Anschlussring (45) angeordnet ist, auf dem Anschlussring (45) eine einen weiteren Leitungsabschnitt (41) der Verbindungsleitung (35) bildende oder umfassende leitfähige Beschichtung (47) angeordnet ist, die in elektrisch leitender Verbindung zu der auf dem Stützring (21) angeordneten Schicht (37) steht, und der prozessabgewandte galvanische Kontakt (K2) auf der Beschichtung (47) des Anschlussrings (45) angeordnet ist.

5. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die auf dem Stützring (21) angeordnete Schicht (37) einen sich über eine dem Anschlussring (45) zugewandte Stirnseite des Stützrings (21) erstreckenden Schichtbereich umfasst, auf dem ein sich über eine dem Stützring (21) zugewandte Stirnseite des Anschlussrings (45) erstreckender Beschichtungsbe- reich der Beschichtung (47) des Anschlussrings (45) aufliegt, der prozessabgewandte galvanische Kontakt (K2) auf einem sich über eine innere Mantelfläche des Anschlussrings (45) erstreckenden Schichtbereich der Beschichtung (47) des Anschlussrings (45) angeordnet ist, und/oder der Anschlussring (45) mittels der Einspannvorrichtung im Gehäuse (1) eingespannt ist.

6. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf einer membranabgewandten Rückseite des Drucksensors (3) eine elektrisch leitfähige, einen weiteren Leitungsabschnitt (43) des Verbindungsleiters (35) bildende oder umfassende Sensorbeschichtung (49) angeordnet ist, die Sensorbeschichtung (49) in elektrisch leitender Verbindung zu der auf dem Stützring (21) angeordneten Schicht (37) steht, und der prozesszugewandte galvanische Kontakt (K1) auf der Sensorbeschichtung (49) angeordnet ist.

7. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht (37) einen sich über eine dem Drucksensor (3) zugewandte Stirnseite des Stützkörpers (21) erstreckenden Schichtbereich umfasst, die auf einem Beschichtungsbe- reich der Sensorbeschichtung (49) aufliegt,

der prozesszugewandte galvanische Kontakt (K1) auf einem vom Stützkörper (21) beabstandeten Schichtbereich der Sensorbeschichtung (49) angeordnet ist, und/oder

die Sensorbeschichtung (49) als elektromagnetische Abschirmung des elektromechanischen Wandlers des Drucksensors (3) ausgebildet ist, die einen Beschichtungsbereich (51) umfasst, der eine außenseitliche Mantelfläche des Drucksensors (3) außenseitlich allseitig umgibt.

8. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens einer der beiden Leiter (31, 33) jeweils

- a) als Kontakt-Pad ausgebildet ist,
- b) ein elektrisch leitfähiges Metall, eine metallische Legierung und/oder ein Metalloxid umfasst,
- c) ein Titanoxid (TiOx) oder ein Titan-Wolfram Oxid (TiWOx) umfasst, und/oder
- d) ein elektrisch leitfähiges Leiter-Material umfasst dessen Seebeck-Koeffizient von dem Seebeck-Koeffizienten des Materials des mit dem jeweiligen Leiter (31, 33) in unmittelbarem Kontakt stehenden Leitungsabschnitts (39, 41, 43) verschieden ist.

9. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass

mindestens ein Leitungsabschnitt (39, 41, 43) des Verbindungsleiters (35), die Schicht (37), die Beschichtung (47) des Anschlusses (45) und/oder die Sensorbeschichtung (49) jeweils

- a1) ein elektrisch leitfähiges Material umfasst, das gegenüber Platin einen Seebeck-Koeffizienten mit einem Betrag von größer gleich  $6 \mu\text{V/K}$  oder von größer gleich  $10 \mu\text{V/K}$  aufweist,
- a2) ein elektrisch leitfähiges Metall, eine metallische Legierung und/oder ein Metalloxid umfasst,
- a3) ein Titanoxid (TiOx), eine Kupfer-Nickel Verbindung (CuNi), eine Nickel-Vanadium Verbindung (NiV) oder eine Nickel-Vanadium und Gold umfassende Verbindung (NiV/Au) umfasst, und/oder
- a4) als durch Sputtern oder durch Abscheidung aus der Gasphase aufgebrachte und/oder eine Schichtdicke von größer gleich  $100 \text{ nm}$  oder von  $1 \mu\text{m}$  bis  $2 \mu\text{m}$  aufweisende Schicht ausgebildet ist.

10. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass

der Verbindungsleiter (35) den durch die Schicht (37) gebildeten oder von der Schicht (37) umfassten Leitungsabschnitt (39) und mindestens einen weiteren Leitungsabschnitt (41, 43) umfasst, diese Leitungsabschnitte (39, 41, 43) des Verbindungsleiters (35) entweder alle aus dem gleichen Material bestehen oder zwei oder mehr Leitungsabschnitte (39, 41, 43) aus unterschiedlichen Materialien umfassen, und eine Kombination der gleichen oder verschiedenen Seebeck-Koeffizienten der Materialien der Leitungsabschnitte (39, 41, 43) des Verbindungsleiters (35)

und/oder eine räumliche Erstreckung des weiteren Leitungsabschnitts (41, 43) oder mindestens eines der weiteren Leitungsabschnitte (41, 43) in parallel und/oder senkrecht zur Flächennormale auf die Messmembran (7) verlaufender Richtung derart ausgebildet ist, dass eine Summe aller sich entlang des Temperaturmesswandlers ausbildenden Teil-Thermospannungen, dem in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran (7) des Drucksensors (3) verlaufender Richtung im Druckmessaufnehmer entlang des Temperaturmesswandlers oder zumindest entlang eines Abschnitts des Temperaturmesswandlers vorliegenden Temperaturgradienten ( $\Delta T$ ) entspricht.

11. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass

der Stützkörper (21) und/oder der Anschlussesring (45) aus Keramik bestehen, und/oder ein Abstand zwischen dem prozesszugewandten und dem prozessabgewandten galvanischen Kontakt (K1, K2) in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran (7) verlaufender Richtung größer gleich einem Mindestabstand von einem einfachen einer parallel zur Flächennormale auf die Messmembran (7) verlaufenden Bauhöhe des Drucksensors (3) und/oder kleiner gleich einem Maximalabstand von einem dreifachen dieser Bauhöhe ist.

12. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass

der Temperaturmesswandler derart ausgebildet, dass die zwischen den Leitern (31, 33) abgreifbare Thermospannung ( $U_{th}$ ) dem mittels des Temperaturmesswandlers messtechnisch erfassbaren Temperaturgradient ( $\Delta T$ ) entspricht, wobei der Temperaturgradient ( $\Delta T$ ) einem innerhalb des Druckmessaufnehmers entlang des Temperaturmesswandlers oder zumindest entlang eines Abschnitts des Temperaturmesswandlers in parallel zur Flächennormale auf die Messmembran (7) verlaufender Richtung auftretenden Temperaturgradienten entspricht.

13. Druckmessaufnehmer gemäß Anspruch 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckmessaufnehmer

eine Kompensationseinrichtung (53) umfasst, die derart ausgebildet ist, dass sie anhand des mittels des Drucksensors (3) messtechnisch erfassten Drucks ( $p$ ) und des mittels des Temperaturmesswandlers messtechnisch erfassten Temperaturgradienten ( $\Delta T$ ) anhand von in einem Speicher (55) abgelegten Kalibrationsdaten und/oder Kennlinien ein bezüglich eines von dem Temperaturgradienten ( $\Delta T$ ) abhängigen Messfehlers kompensiertes Druckmessergebnis bestimmt und zur Verfügung stellt, wobei die Kompensationseinrichtung (53) entweder unmittelbar oder über eine an den Wandler des Drucksensors (3) angeschlossene Druckmessschaltung (57), die dazu ausgebildet ist ein dem mittels des

Wandlers des Drucksensors (3) messtechnisch erfassten Druck ( $p$ ) entsprechendes Druckmesssignal ( $S(P)$ ) zu erzeugen und zur Verfügung zu stellen, an den Wandler des Drucksensors (3) angeschlossen ist, und

wobei die Kompensationseinrichtung (53) entweder unmittelbar oder über eine an den Temperaturmesswandler angeschlossene Temperaturmessschaltung (59), die dazu ausgestaltet ist ein dem mittels des Temperaturmesswandlers messtechnisch erfassten Temperaturgradienten ( $\Delta T$ ) entsprechendes Temperaturmesssignal ( $S(\Delta T)$ ) zu erzeugen und zur Verfügung zu stellen, an den Temperaturmesswandler angeschlossen ist.

14. Druckmessaufnehmer gemäß mindestens einem der Ansprüche 4 und 5 und gemäß Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (47) des Anschlussrings (45) aus einem eine Nickel-Vanadium Verbindung (NiV) umfassenden Material besteht, die Schicht (37) des Stützkörpers (21) aus einem mindestens ein Titanoxid (TiOx) umfassenden Material besteht und die Sensorbeschichtung (49) aus einem eine Nickel-Vanadium Verbindung (NiV) umfassenden Material besteht.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

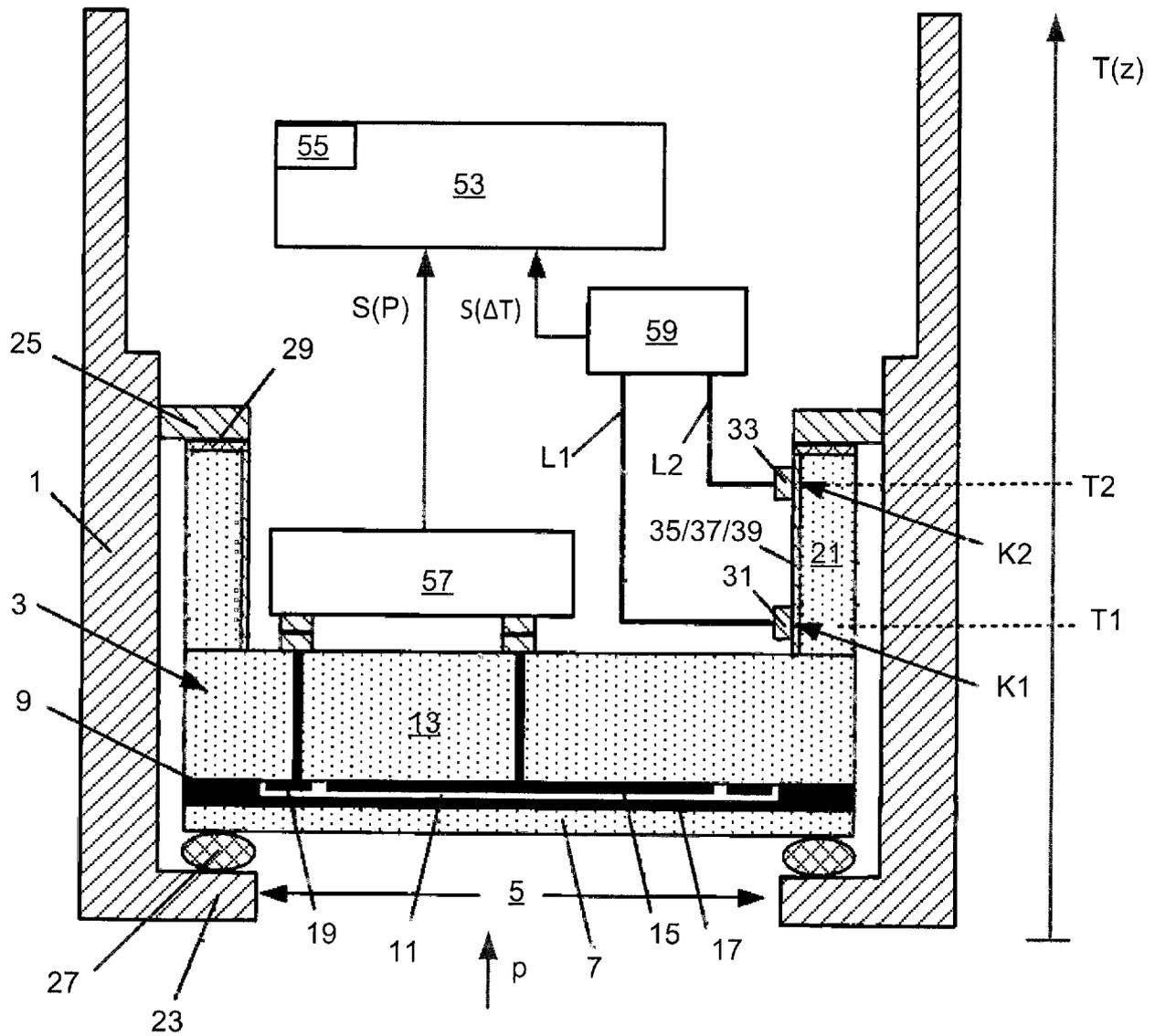


Fig. 1

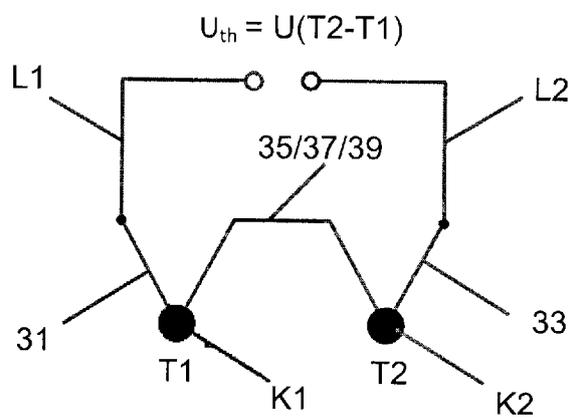


Fig. 2

