



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**25.10.2017 Patentblatt 2017/43**

(51) Int Cl.:  
**G01F 23/24 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **16000879.3**

(22) Anmeldetag: **19.04.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**  
**80331 München (DE)**

(72) Erfinder: **Hoffmann, Rainer**  
**82008 Unterhaching (DE)**

(74) Vertreter: **Meilinger, Claudia Sabine**  
**Linde AG**  
**Technology & Innovation**  
**Corporate Intellectual Property**  
**Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14**  
**82049 Pullach (DE)**

(54) **MESSANORDNUNG ZUR MESSUNG EINES FLÜSSIGKEITSSPIEGELS EINES FLUIDS IN EINEM BEHÄLTER, BEHÄLTER MIT DER MESSANORDNUNG UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN DER MESSANORDNUNG IN DEM BEHÄLTER**

(57) Eine Messanordnung (101 - 106) zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels (11), welcher eine Flüssigphase (12) von einer Gasphase (13) eines Fluids trennt, in einem Behälter (10), mit einem ersten Sensorelement (1), einem zweiten Sensorelement (2), weiteren Sensorelementen (3), welche auf einem Pfad zwischen dem ersten (1) und dem zweiten (2) Sensorelement angeordnet sind, und einer mit den Sensorelementen (1, 2, 3) gekoppelte Auswerteeinrichtung (4), wobei die Sensorelemente (1, 2, 3) jeweils einen temperaturabhängigen elektrischen Widerstand ( $R_i$ ) aufweisen und ein Stromfluss durch ein jeweiliges Sensorelement (1, 2, 3) zu einer Erwärmung desselben führt, das erste Sensorelement (1), das zweite Sensorelement (2) und die weiteren Sensorelemente (3) in dem Behälter (10) derart anordenbar sind, dass sich der Flüssigkeitsspiegel (11) in dem Behälter (10) bei bestimmungsgemäßem Gebrauch zwischen dem ersten Sensorelement (1) und dem zweiten Sensorelement (2) befindet, die Auswerteeinrichtung (4) zur Messung zumindest eines Sammelwiderstandswerts ( $R_3$ ) von zumindest einer Auswahl der auf einem Pfad angeordneten Sensorelemente (3) eingerichtet ist, und die Auswerteeinrichtung (4) dazu eingerichtet ist, in Abhängigkeit von dem Sammelwiderstandswert ( $R_3$ ), einem Widerstandswert ( $R_f$ ) des ersten, in der Flüssigphase (12) angeordneten Sensorelements (1), und einem Widerstandswert ( $R_g$ ) des zweiten, in der Gasphase (13) angeordneten Sensorelements (2), den Flüssigkeitsspiegel (11) zu ermitteln.

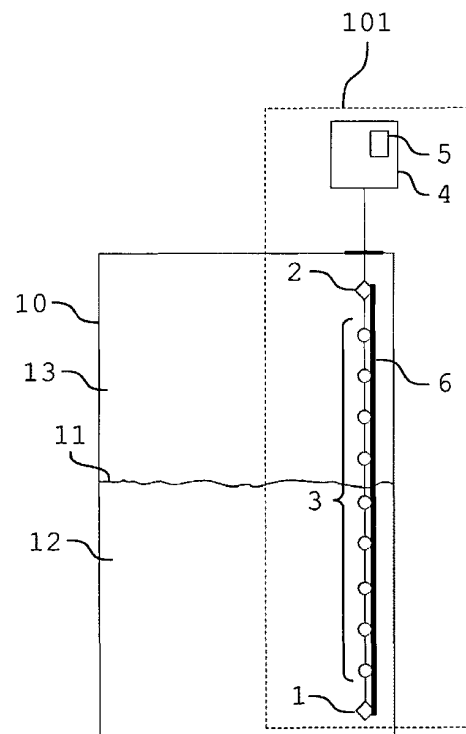


Fig. 1

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Messanordnung zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels, welcher eine Flüssigphase von einer Gasphase eines Fluids trennt, in einem Behälter, einen Behälter mit der Messanordnung sowie ein Verfahren zum Betreiben der Messanordnung in dem Behälter.

**[0002]** Fluide, insbesondere kryogene Flüssigkeiten, werden üblicherweise in Behältern aufbewahrt. Da die meisten Flüssigkeiten zum Verbrauch vorgesehen sind, ist es wünschenswert, einen Füllstand eines solchen Flüssigkeitsbehälters zu kennen. Unter dem Füllstand vorliegend wird das Verhältnis des durch die Flüssigkeit beanspruchten Volumens in dem Behälter zu dem Gesamtvolumen des Behälters, welches für die Flüssigkeit zugänglich ist, verstanden. Häufig ist es aufgrund von besonderen Anforderungen nicht möglich, einen Behälter beispielsweise mit einem Schauglas zur einfachen visuellen Kontrolle des Füllstands zu versehen, oder der Behälter befindet sich an einem unzugänglichen Ort. Dann ist eine alternative technische Lösung zur Messung des Füllstands erwünscht.

**[0003]** Insbesondere bei kryogenen Flüssigkeiten sind besondere Anforderungen an einen Behälter zu beachten, da ein solcher Behälter sowohl sehr hohem Innendruck als auch großen Temperaturschwankungen ausgesetzt sein kann. Deshalb sind Behälter für kryogene Flüssigkeiten häufig besonders komplex aufgebaut.

**[0004]** Wird ein solcher Behälter mit einer kryogenen Flüssigkeit befüllt, so bildet sich zwischen der Gasphase und der Flüssigphase des Fluids eine Grenzschicht, der Flüssigkeitsspiegel, aus. Aufgrund der Schwerkraft verläuft ein Normalenvektor bezüglich des Flüssigkeitsspiegels, zumindest nach einer Abklingzeit, parallel zu einem Schwerkraftvektor. Bei bekannter Geometrie des Behälters kann dann von dem Flüssigkeitsspiegel auf den Füllstand geschlossen werden.

**[0005]** Aus der DE 31 25 591 A1 ist ein einfacher Füllstandsmesser zum Messen des Tankinhalts von Kraftfahrzeugen bekannt. Dort ist ein Kraftstoff als Flüssigphase und Luft als Gasphase vorgesehen. In Kraftfahrzeugen sind entsprechende Füllstandsmesser keinem Überdruck oder kryogenen Temperaturen ausgesetzt.

**[0006]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung des Flüssigkeitsspiegels in einem Behälter, insbesondere einem kryogenen Behälter, bereitzustellen.

**[0007]** Diese Aufgabe wird mit einer Messanordnung aufweisend ein erstes Sensorelement, ein zweites Sensorelement, weitere Sensorelemente, welche auf einem Pfad zwischen dem ersten und dem zweiten Sensorelement angeordnet sind, und einer mit den Sensorelementen gekoppelte Auswerteeinrichtung gelöst. Die Sensorelemente weisen jeweils einen temperaturabhängigen elektrischen Widerstand auf, und ein Stromfluss durch ein jeweiliges Sensorelement führt zu einer Erwärmung desselben. Das erste Sensorelement, das zweite Sensorelement und die weiteren Sensorelemente sind in dem Behälter derart anordenbar, dass sich der Flüssigkeitsspiegel in dem Behälter bei bestimmungsgemäßem Gebrauch zwischen dem ersten Sensorelement und dem zweiten Sensorelement befindet. Die Auswerteeinrichtung ist zur Messung zumindest eines Sammelwiderstandswerts von zumindest einer Auswahl der auf einem Pfad angeordneten Sensorelemente eingerichtet. Weiterhin ist die Auswerteeinrichtung dazu eingerichtet, in Abhängigkeit von dem Sammelwiderstandswert, einem ersten Widerstandswert des ersten, in der Flüssigphase angeordneten Sensorelements, und einem zweiten Widerstandswert des zweiten, in der Gasphase angeordneten Sensorelements, den Flüssigkeitsspiegel zu ermitteln.

**[0008]** Ein Sensorelement umfasst insbesondere einen Widerstand, eine Diode, eine Leuchtdiode und/oder einen Temperaturfühler, insbesondere einen Pt100 Temperaturfühler.

**[0009]** Eine Auswahl von Sensorelementen ist beispielsweise eine Mehrzahl von Sensorelementen, die in einer Reihenschaltung mittels zwischengeschalteter Drahtabschnitte miteinander verbunden sind, wobei ein erstes und ein zweites Ende der Reihenschaltung jeweils mit der Auswerteeinrichtung gekoppelt sind. In einer Reihenschaltung muss ein Strom, welcher durch die Reihenschaltung fließt, jedes Element der Reihenschaltung durchfließen.

**[0010]** Die Kopplung mit der Auswerteeinrichtung ermöglicht es, dass die Auswerteeinrichtung den Sammelwiderstandswert der Auswahl von Sensorelementen messen kann. Die Kopplung kann beispielsweise galvanisch mittels eines Drahtabschnitts erfolgen. Alternativ kann die Kopplung auch kapazitiv und/oder induktiv hergestellt werden. Der Sammelwiderstandswert hängt dabei insbesondere auch von der Verschaltung der Auswahl von Sensorelementen ab, wie beispielweise Reihenschaltung oder Parallelschaltung oder Kombinationen hiervon.

**[0011]** Die Auswerteeinrichtung ist für die Messung des Widerstands eines oder einer Auswahl von Sensorelementen oder eines elektrischen Stromes durch die Sensorelemente dazu eingerichtet, eine Spannung an zwei mit der Auswerteeinrichtung verbundene Drahtabschnitte anzulegen. Dies geschieht beispielsweise, durch Aufschalten eines ersten Potentials auf einen ersten Drahtabschnitt und Aufschalten eines zweiten Potentials auf einen zweiten Drahtabschnitt, wobei das erste und das zweite Potential unterschiedliche Werte aufweisen. Ein solches Anlegen oder Aufschalten einer Spannung wird vorliegend als Ansteuern bezeichnet. Bevorzugt ist die Spannung eine Gleichspannung mit konstantem Wert, insbesondere falls Dioden oder LEDs als Sensorelemente eingesetzt werden.

**[0012]** In weiteren Ausführungsformen wird eine Wechselspannung aufgeschaltet. Eine Wechselspannungsmessung kann gegenüber Gleichspannungen und -strömen weniger stör anfälliger sein.

**[0013]** Aus der angelegten Spannung und dem sich aufgrund der Spannung ergebenden Stromfluss, lässt sich der

Sammelwiderstandswert der angesteuerten Auswahl von Sensorelementen bestimmen. Da es sich bei den Sensorelementen um von ihrer Temperatur abhängige Widerstände handelt, kann sich der Sammelwiderstandswert ändern. Insbesondere, da der Stromfluss durch die angesteuerte Auswahl von Sensorelementen zu einer Erwärmung dieser führt, ist insbesondere kurz nach dem Aufschalten der Spannung der Stromfluss nicht notwendig konstant. Es ist dann möglich,

5 dass der Sammelwiderstandswert nicht sofort eindeutig bestimmbar ist.  
**[0014]** Es wird in Ausführungsformen für jede Messung eine gewisse Messdauer vorgesehen, in welcher die einzelnen Sensorelemente, die zu der angesteuerten Auswahl von Sensorelementen gehören, in ein thermodynamisches Gleichgewicht, insbesondere mit konstanter Temperatur, gelangen.

10 **[0015]** In Ausführungsformen erfasst die Auswerteeinrichtung einen zeitlichen Verlauf in einem vorgegebenen Zeitraum nach dem Beginn des Ansteuerns mit der Spannung. Aus der Verlaufskurve kann ein Füllstandzustand ermittelt werden. Der vorgegebene Zeitraum dauert vorzugsweise so lange, bis sich ein stationärer Messwert für den Sammelwiderstandswert ergibt.

15 **[0016]** Die Auswerteeinrichtung ist vorteilhaft eine elektronische Signalverarbeitungseinrichtung, die dazu eingerichtet ist, analoge und/oder digitale Messsignale an einem Eingang anzunehmen und diese zum Beispiel mittels einer Logikschaltung zu vergleichen. Durch diesen Vergleich der Signale erhält die Auswerteeinrichtung einen Messwert. Vorliegend ist ein Signal insbesondere eine Ansteuerspannung und/oder ein Stromfluss. Hieraus lässt sich der jeweilige Widerstandswert bestimmen. Mit diesem Widerstandswert lässt sich mittels der Auswerteeinrichtung beispielsweise eine Lage des Flüssigkeitsspiegels in dem Behälter bestimmen, z.B. indem der gemessene Widerstandswert mit einem Referenzwiderstandswert verglichen wird. Für eine Lage oder Position Flüssigkeitsspiegels in dem Behälter wird beispielsweise

20 die Position eines der Sensorelemente auf dem Pfad in dem Behälter verwendet.  
**[0017]** Das erste Sensorelement ist bevorzugt an einer Stelle in dem Behälter angeordnet, an welcher sich bis zu vollständigen Entleerung des Behälters flüssiges Fluid befindet. Somit ist gewährleistet, dass der Widerstandswert des ersten Sensorelements als ein Referenzwiderstandswert für Sensorelemente, die mit der Flüssigphase des Fluids in Kontakt sind, verwendet werden kann.

25 **[0018]** Dementsprechend ist das zweite Sensorelement bevorzugt an einer Stelle in dem Behälter angeordnet, an der das Fluid auch bei maximaler Befüllung des Behälters mit gasförmig vorliegt. Somit ist gewährleistet, dass der Widerstandswert des zweiten Sensorelements als Referenzwiderstandswert für Sensorelemente, die mit der Gasphase des Fluids in Kontakt stehen, verwendet werden kann.

30 **[0019]** Unter Kontakt ist insbesondere Wärmekontakt gemeint, also eine Wärmeableitung oder Dissipation von Wärmeenergie aufgrund eines Temperaturunterschieds zwischen dem jeweiligen Sensorelement und dem umgebenden Medium, der aufgrund der Aufheizung des Sensorelementes bei Stromfluss entsteht, in das umgebende Medium, insbesondere das umgebende Gas oder die Flüssigkeit.

35 **[0020]** Die Gesamtheit der Sensorelemente ist vorzugsweise auf einem geeigneten Substrat, beispielsweise einem stabförmigen Substrat, montiert. Hierbei ist vorteilhaft, wenn die Verbindung der Sensorelemente mit dem Substrat nicht starr ist, da ansonsten aufgrund von unterschiedlichen Temperatúrausdehnungskoeffizienten der verwendeten Materialien das Risiko eines Defekts gegeben ist, wenn die Messanordnung bei unterschiedlichen Temperaturen betrieben wird.

**[0021]** Gemäß einer Ausführungsform der Messanordnung ist die Auswerteeinrichtung außerhalb des Behälters angeordnet. Eine solche Anordnung hat den Vorteil, dass die Auswerteeinrichtung selbst nicht den speziellen Bedingungen in dem Behälter genügen muss, sondern in herkömmlicher Weise ausgeführt sein kann.

40 **[0022]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Messanordnung ist die Auswerteeinrichtung mit den Sensorelementen kapazitiv und/oder induktiv gekoppelt.

**[0023]** Dies hat den Vorteil, insbesondere wenn die Auswerteeinrichtung außerhalb des Behälters angeordnet werden soll, dass keine besonderen Vorkehrungen an dem Behälter getroffen werden müssen, wie beispielsweise eine Kabeldurchführung. Somit wird eine Integrität des Behälters nicht gestört. Das ist besonders vorteilhaft bei Behältern, die großem Druck und/oder hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind. Die ist insbesondere bei kryogenen Behältern der Fall.

**[0024]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Messanordnung umfasst diese eine Speichereinrichtung zur Speicherung von Sammelwiderstandswerten und/oder Referenzwiderstandswerten.

50 **[0025]** Mittels der Speichereinrichtung können somit Widerstandswerte gespeichert und für einen späteren Abruf vorgehalten werden. Die Auswerteeinrichtung ist dann dazu konfiguriert, auf gespeicherte Widerstandswerte zuzugreifen und auf Basis der gespeicherten Widerstandswerte Berechnungen durchzuführen. Derartige Berechnungen sind insbesondere das Ermitteln der Füllhöhe oder der Lage des Flüssigkeitsspiegels in dem Behälter.

**[0026]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Messanordnung ist zumindest eines der Sensorelemente als eine Leuchtdiode ausgebildet.

55 **[0027]** Leuchtdioden haben zum Beispiel den Vorteil, dass gleichzeitig mit der Füllstandsmessung eine Beleuchtung des Innenraumes des Behälters erfolgen kann. Insofern kann ferner eine visuelle Beobachtung erfolgen. Die Dioden ermöglichen also eine elektrische Messung des Flüssigkeitsspiegels und andererseits eine durch die Beleuchtung ermöglichte optische oder visuelle Überwachung der Grenzfläche zwischen der flüssigen und gasförmigen Phase.

**[0028]** Es kann auch vorgesehen sein, dass mehrere oder alle der Sensorelemente der Messanordnung als Leuchtdioden ausgebildet sind. Es ist weiterhin denkbar, dass unterschiedliche Leuchtdioden verwendet werden, wie beispielsweise rot leuchtende, blau leuchtende oder im infraroten leuchtende Leuchtdioden.

**[0029]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Messanordnung ist die Messanordnung für einen Betrieb bei einer Temperatur im Bereich von -272°C bis 50°C, insbesondere -250°C bis 50°C, insbesondere -200°C bis 50°C eingerichtet.

**[0030]** Dies ermöglicht es vorteilhaft, die Messanordnung zur Messung des Flüssigkeitsspiegels von kryogenen Flüssigkeiten, wie beispielsweise Helium, Stickstoff oder Sauerstoff, in einem Behälter zu verwenden.

**[0031]** In Ausführungsformen ist die Messanordnung ausgestaltet, Flüssigkeitsspiegel von flüssigem Helium (Siedepunkt 4,222 K = -268,928 °C), flüssigem Wasserstoff (Siedepunkt 20,268 K = -252,882 °C), flüssigem Stickstoff (Siedepunkt 77,35 K = -195,80 °C) und/oder flüssigem Sauerstoff (Siedepunkt 90,18 K = -182,97 °C) zu erfassen. Insofern sind die Sensorelemente vorzugsweise geeignet, in einer kryogenen Umgebung zwischen -269°C und -183°C betrieben zu werden.

**[0032]** Eine Verdrahtung der einzelnen Bauteile mittels Drahtabschnitte ist vorzugsweise mit einer entsprechenden Längenausdehnungsreserve ausgebildet sein. Das heißt, wenn ein entsprechender Drahtabschnitt abgekühlt wird und sich dadurch verkürzt, kann die Reserve diese Verkürzung kompensieren. Insofern wird insbesondere die Ausbildung der Messanordnung mit länglichen Bauteilen ermöglicht, die eine starke Längenausdehnung in Abhängigkeit der Temperatur aufweisen.

**[0033]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Messanordnung ist die Messanordnung für einen Betrieb bei einem Druck im Bereich von 1 bis 36 bar, insbesondere 1 bis 18 bar, eingerichtet. Denkbar ist ein Einsatz in druckbetriebene Gasflaschen oder Tanks.

**[0034]** Dies gewährleistet insbesondere, dass aufgrund von Druckschwankungen, die beispielsweise bei einer Entnahme einer kryogenen Flüssigkeit aus einem Behälter auftreten, die Messanordnung intakt bleibt.

**[0035]** Hierfür ist es beispielsweise vorteilhaft, wenn die verwendeten Komponenten, wie die Sensorelemente, keine geschlossenen Hohlräume aufweisen oder allgemein keine kompressiblen Materialien in eingekapselten Bereichen aufweisen.

**[0036]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Messanordnung ist eine erste Mehrzahl von Sensorelementen, welche auf einem Pfad zwischen dem ersten und dem zweiten Sensorelement angeordnet sind und miteinander in Reihe geschaltet sind, vorgesehen. Weiterhin ist eine zweite Mehrzahl von Sensorelementen, welche auf einem Pfad zwischen dem ersten und dem zweiten Sensorelement angeordnet und miteinander in Reihe geschaltet sind, vorgesehen. Weiterhin ist vorgesehen, dass die beiden Reihenschaltungen von Sensorelementen zueinander parallel geschaltet sind und diese Anordnung mit der Auswerteinrichtung gekoppelt ist.

**[0037]** Eine derartige Anordnung von Sensorelementen bietet eine Redundanz in der Ausführung. Denn selbst wenn in einer der beiden in Reihe geschalteten Mehrzahl von Sensorelementen ein Defekt z.B. eines Sensorelements oder einer Verbindung zwischen zwei Sensorelementen auftritt, der zu einer Unterbrechung des Stromkreises führt, kann die verbleibende in Reihe geschaltete Mehrzahl von Sensorelementen noch immer zur Messung des Flüssigkeitsspiegel verwendet werden. Daher wird die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Anordnung erhöht.

**[0038]** Die Auswerteinrichtung ist in diesem Fall zum Beispiel dazu eingerichtet, einen Defekt automatisch zu erkennen und zukünftige Messungen basierend auf dem Vorhandensein von nur einer Reihenschaltung von Sensorelementen auszuwerten.

**[0039]** Grundsätzlich ist es auch denkbar, mehr als zwei derartiger Reihenschaltungen von Sensorelementen zu verwenden, um eine noch höhere Ausfallsicherheit zu erreichen.

**[0040]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Messanordnung ist vorgesehen, dass jeweils wenigstens zwei Sensorelemente parallel miteinander elektrisch verbunden sind und eine Gruppe formen. Eine Mehrzahl solcher Gruppen ist in einer Reihenschaltung elektrisch miteinander verbunden und die Gruppen sind auf einem Pfad zwischen dem ersten und dem zweiten Sensorelement angeordnet. Diese Anordnung ist mit der Auswerteinrichtung elektrisch verbunden.

**[0041]** Eine derartige Anordnung von Sensorelementen entspricht einer redundanten Anordnung. Durch die Parallelschaltung von jeweils zwei Sensorelementen bleibt die Messanordnung funktionsfähig, selbst wenn in jeder Gruppe ein Defekt auftritt.

**[0042]** Weiterhin ist es ermöglicht, mittels dieser Anordnung eine erhöhte Messgenauigkeit zu erzielen, indem die Sensorelemente jeder Gruppe zueinander leicht versetzt angeordnet werden. Die beiden Pfade können dazu beispielsweise parallel verlaufen.

**[0043]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist ein Behälter zur Aufnahme eines Fluids mit der Messanordnung zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels, insbesondere gemäß einer der vorhergehenden oder im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen. Der Behälter ist insbesondere zur Aufnahme von verflüssigter und/oder gasförmiger Luft, verflüssigtem und/oder gasförmigem Stickstoff, verflüssigtem und/oder gasförmigem Sauerstoff, verflüssigtem und/oder gasförmigem Kohlenstoffdioxid und/oder einem verflüssigten und/oder gasförmigen Edelgas eingerichtet. In Ausführungsformen ist der Behälter ein Element einer Gasverflüssigungs- oder Luftzerlegungsanlage, welches zumindest teilweise

oder zeitweise ein Fluid mit einem Flüssigkeitsspiegel aufweist.

**[0044]** Der kryogene Behälter ist insbesondere eine Kolonne, eine Passage, ein Wärmetauscherabschnitt oder ein Tank für kryogene Flüssigkeiten. Zum Beispiel werden verflüssigter Sauerstoff, Stickstoff oder auch Argon als kryogene Flüssigkeiten bei Temperaturen zwischen  $-180^{\circ}\text{C}$  und  $-160^{\circ}\text{C}$  verwendet.

**[0045]** Vorteilhafterweise ist ein solcher Behälter verschlossen, so dass das Fluid nicht entweichen kann. Der Behälter ist dann mit einer Entnahmevorrichtung ausgestattet, die es erlaubt, Fluid aus dem Behälter zu entnehmen. Ein solcher Behälter muss einem hohen Innendruck sowie großen Temperaturschwankungen standhalten. Derartige Behälter sind beispielsweise die Behälter der LITS 2 Baureihe von Linde.

**[0046]** Vorzugsweise sind die Elemente der Messanordnung, die innerhalb des Behälters angeordnet sind und mit dem Fluid in Kontakt stehen, frei von organischen Verbindungen. Dadurch wird eine Verwendung der Messanordnung in einem Behälter mit Sauerstoff als Fluid ermöglicht. Insbesondere können Abschirmungen oder Verkapselungen vorgesehen sein, so dass keine organischen Komponenten in direkten Kontakt mit dem Fluid geraten.

**[0047]** Gemäß einer Ausführungsform sind in dem Behälter zumindest zwei, vorzugsweise drei, Messanordnungen, insbesondere gemäß einer der vorhergehenden oder im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen, in dem Behälter angeordnet. Die Messanordnungen sind relativ zueinander insbesondere so angeordnet, dass eine Verkippung des Flüssigkeitsspiegels relativ zu dem Behälter bestimmbar ist. Insofern ist die Auswerteinrichtung eingerichtet, eine Differenzmessung durchzuführen.

**[0048]** Durch die Bestimmung des Flüssigkeitsspiegels beispielsweise an drei Punkten, wobei die drei Punkte durch die Lage des Flüssigkeitsspiegels an den Orten der jeweiligen Sensorelemente der Messanordnungen gegeben sind, wird eine Ebene definiert. Diese Ebene entspricht der Grenzfläche flüssig/gasförmig des Fluids in dem Behälter und somit des Flüssigkeitsspiegels. Insofern wird eine Erkennung der Ebene des Flüssigkeitsspiegels im Raum ermöglicht.

**[0049]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Messanordnung zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels eines Fluids in einem Behälter. Die Messanordnung umfasst ein erstes Sensorelement, ein zweites Sensorelement und weitere Sensorelemente sowie eine Auswerteinrichtung. Das Verfahren umfasst die Schritte: Ansteuern zumindest einer Auswahl der Sensorelemente, Bestimmen eines Widerstandswerts der angesteuerten Auswahl von Sensorelementen, und Ermitteln, in Abhängigkeit von zumindest zwei Referenzwiderstandswerten, des Flüssigkeitsspiegels in dem Behälter.

**[0050]** Mit diesem Verfahren ist es ermöglicht, den Flüssigkeitsspiegel eines Fluids in einem Behälter zu bestimmen.

**[0051]** Ansteuern bedeutet hierbei insbesondere, dass eine Spannung an die Auswahl von Sensorelementen angelegt wird. Diese Spannung ruft einen Stromfluss durch die Auswahl von Sensorelementen hervor, welcher von der Auswerteinrichtung erfassbar ist und zur Bestimmung des Widerstandswerts der Auswahl von Sensorelementen verwendet wird.

**[0052]** Durch Vergleich mit zwei Referenzwiderstandswerten, wobei ein erster Referenzwiderstandswert einen Widerstandswert eines Sensorelementes in der Flüssigphase des Fluids und ein zweiter Referenzwiderstandswert einen Widerstandswert eines Sensorelementes in der Gasphase des Fluids angibt, kann der Flüssigkeitsspiegel ermittelt werden.

**[0053]** Gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst dieses zudem wenigstens einen der Schritte: Ansteuern des ersten Sensorelementes zum Bestimmen eines ersten Widerstandswerts als ein erster Referenzwiderstandswert, und Ansteuern des zweiten Sensorelementes zum Bestimmen eines zweiten Widerstandswerts als ein zweiter Referenzwiderstandswert.

**[0054]** Diese beiden Verfahrensschritte können zusammengefasst auch als Eichung der Messanordnung bezeichnet werden.

**[0055]** Diese Ausführung ist besonders vorteilhaft, da der Betrieb der Messanordnung somit immer mit den aktuellen Betriebsbedingungen korreliert und daher unabhängig von einer eventuellen Abhängigkeit der Widerstandswerte von den Betriebsbedingungen ist. Beispielsweise ist der Widerstandswert von Sensorelementen häufig von der Absoluttemperatur abhängig. Da diese nicht konstant ist, kann sie bei einer Auswertung dennoch berücksichtigt werden. Wird eine Messanordnung ohne eine solche Eichung betrieben, müsste zusätzlich die aktuelle Temperatur gemessen und als Parameter der Auswerteinrichtung bereitgestellt werden. Hinzu kommt, dass Temperaturkennlinien der verwendeten Sensorelemente vorliegen müssen. Dieser zusätzliche Aufwand kann durch eine Eichung eingespart werden.

**[0056]** Über dieses Beispiel hinaus berücksichtigt die Eichung automatisch alle Einflussfaktoren auf das Verhalten der Widerstände. Mögliche weitere Einflussfaktoren sind insbesondere der Druck und die Sorte des Fluids.

**[0057]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens, wenn die Messanordnung zusätzlich eine Speichereinrichtung aufweist, umfasst dieses zudem die Schritte: Bestimmen eines ersten Sammelwiderstandswerts zu einem ersten Zeitpunkt; Speichern des ersten Sammelwiderstandswerts mittels der Speichereinrichtung; Bestimmen eines zweiten Sammelwiderstandswerts zu einem späteren zweiten Zeitpunkt; und Vergleichen des gespeicherten ersten Sammelwiderstandswerts mit dem zweiten Sammelwiderstandswert.

**[0058]** Mit diesem Verfahren kann vorteilhaft festgestellt werden, ob in der Zeit zwischen den beiden Messungen Zeit ein Defekt in der Messanordnung, insbesondere in der elektrischen Verbindung der weiteren Sensorelemente oder in

einem der Sensorelemente, aufgetreten ist.

**[0059]** Die Auswerteeinrichtung ist vorzugsweise eingerichtet ein Messverfahren wie zuvor und im Folgenden beschrieben durchzuführen.

**[0060]** Weitere mögliche Implementierungen der Vorrichtung und/oder des Verfahrens umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale oder Ausführungsformen. Dabei wird der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der Vorrichtung und/oder des Verfahrens hinzufügen.

**[0061]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Aspekte der Vorrichtung und/oder des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele der Vorrichtung und/oder des Verfahrens. Im Weiteren werden die Vorrichtung und/oder das Verfahren anhand von bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigelegten Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Behälters mit einer ersten Ausführungsform einer Messanordnung zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels in dem Behälter;

Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der ersten Ausführungsform der Messanordnung;

Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer zweiten Ausführungsform der Messanordnung;

Fig. 4 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer dritten Ausführungsform der Messanordnung;

Fig. 5 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer vierten Ausführungsform der Messanordnung;

Fig. 6 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer fünften Ausführungsform der Messanordnung;

Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung eines Behälters mit einer sechsten Ausführungsform einer Messanordnung zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels in dem Behälter;

Fig. 8 zeigt ein schematisches Diagramm einer Messkurve eines Flüssigkeitsspiegels in einem Behälter, ermittelt mit einer Messanordnung gemäß einer der Fig. 1 bis 7; und

Fig. 9 zeigt ein schematisches Blockschaltbild für den Verlauf eines Verfahrens zum Betrieb einer Messanordnung gemäß einer der Fig. 1 bis 7 zur Bestimmung eines Flüssigkeitsspiegels in einem Behälter.

**[0062]** In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen, sofern nichts anderes angegeben ist.

**[0063]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Behälters 10 mit einer ersten Ausführungsform einer Messanordnung 101 zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels 11 in dem Behälter 10. Die Messanordnung 101 der Fig. 1 umfasst ein erstes Sensorelement 1, ein zweites Sensorelement 2 sowie weitere Sensorelemente 3. Die Sensorelemente 1, 2, 3 sind auf einem geeigneten Substrat 6 fixiert. Weiterhin weist sie eine Auswerteeinrichtung 4 mit einer Speichereinrichtung 5 auf. Die Messanordnung 101 ist in der Fig. 1 von einem gestrichelten Kasten eingefasst, um die strukturelle Zusammengehörigkeit der Elemente klar darzustellen. Die auf dem Substrat 6 fixierten Sensorelemente 1, 2, 3 sind in dem Behälter 10 angeordnet. Die Auswerteeinrichtung 4 ist außerhalb des Behälters 10 angeordnet. Der Behälter 10 ist mit einem Fluid befüllt. Das Fluid weist eine flüssige Phase 12 sowie eine gasförmige Phase 13 auf, wobei die beiden Phasen durch den Flüssigkeitsspiegel 11 getrennt sind.

**[0064]** Die Sensorelemente 1, 2, 3 umfassen beispielsweise Widerstände, Dioden, Leuchtdioden und/oder als Temperatursensoren. Das erste Sensorelement 1 und das zweite Sensorelement 2 sind als Raute dargestellt, die weiteren Sensorelemente 3 sind als Kreise dargestellt. Diese Unterscheidung des ersten und zweiten Sensorelements 1, 2 von den weiteren Sensorelementen 3 soll andeuten, dass das erste und das zweite Sensorelement 1, 2 jeweils einzeln von der Auswerteeinrichtung 4 angesteuert werden kann. Alle Sensorelemente 1, 2, 3 sind vorzugsweise Sensorelemente 1, 2, 3 gleichen Typus, so dass von einem gleichen Verhalten, insbesondere in Bezug auf die Temperaturabhängigkeit der Widerstandswerte, ausgegangen werden kann. Die weiteren Sensorelemente 3 sind miteinander verbunden. Alle Sensorelemente 1, 2, 3 sind mit der Auswerteeinrichtung 4 gekoppelt. Die Kopplung in dem Beispiel der Fig. 1 ist galvanisch ausgeführt. Die Anordnung sowie die elektrische Verbindung der Sensorelemente 1, 2, 3 ist in der Fig. 1 nur angedeutet und stellt nicht eine tatsächlich vorliegende Anordnung dar. Konkrete Ausführungsbeispiele hierfür sind in den Fig. 2 - 6 dargestellt.

**[0065]** Das erste Sensorelement 1 ist an einem Boden des Behälters 10 angeordnet, so dass bei bestimmungsgemäßem Gebrauch des Behälters 10 dort bis zur vollständigen Entleerung des Behälters 10 das Fluid immer als Flüssigkeit

12 vorliegt. Entsprechend ist das zweite Sensorelement 2 an einer Decke des Behälters 10 angeordnet, so dass bei bestimmungsgemäßem Gebrauch des Behälters 10 dort bis zur vollständigen Befüllung des Behälters 10 das Fluid immer als Gas 13 vorliegt. Die weiteren Sensorelemente 3 sind derart zwischen den Sensorelementen 1, 2 angeordnet, dass sie die gesamte Höhe des Behälters 10 überspannen. Der Flüssigkeitsspiegel 11 wird daher, bei bestimmungsgemäßem Gebrauch des Behälters 10, immer im Bereich der weiteren Sensorelemente 3 liegen.

**[0066]** Jedes der Sensorelemente 1, 2, 3 weist einen temperaturabhängigen intrinsischen Widerstandswert  $R_i$  auf. Wenn eine Temperaturkennlinie des verwendeten Typus der Sensorelemente 1, 2, 3 bekannt ist, kann daher von einem gemessenen Widerstandswert auf eine Temperatur geschlossen werden. Weiterhin erwärmen sich die Sensorelemente 1, 2, 3, wenn sie von einem Strom durchflossen werden, was eine Änderung des Widerstandswerts  $R_i$  gemäß der Temperaturkennlinie zur Folge hat. Das Ausmaß der Erwärmung hängt insbesondere von einem Wärmekontakt der Sensorelemente 1, 2, 3 mit dem umgebenden Fluid ab. Dies wird vorliegend auch als Kühlung durch das Fluid bezeichnet. Hierbei ist es von großer Bedeutung, ob das ein Sensorelement 1, 2, 3 umgebende Fluid flüssig 12 oder gasförmig 13 vorliegt, wobei es in der Flüssigphase 12 stärker kühlt als in der Gasphase 13. Dies hat zur Folge, dass sich diejenigen Sensorelemente 1, 2, 3, welche sich in der Gasphase 13 befinden, stärker erwärmen können. Bei konstantem Stromfluss und im thermischen Gleichgewicht werden diese daher einen Widerstandswert  $R_g$  aufweisen, welcher unterschiedlich zu einem Widerstandswert  $R_f$  derjenigen Sensorelemente 1, 2, 3 ist, welche sich in der Flüssigphase 12 befinden.

**[0067]** Besonders gut geeignet sind Sensorelemente 1, 2, 3, welche eine sehr starke Temperaturabhängigkeit aufweisen, da dann das Messsignal einen großen dynamischen Bereich abdeckt und somit eine große Messgenauigkeit erreicht werden kann.

**[0068]** Die Auswerteeinrichtung 4 ist dazu eingerichtet, jeweils einen Widerstandswert des ersten Sensorelements 1, zweiten Sensorelements 2 und der weiteren Sensorelemente 3 zu bestimmen. Der Widerstandswert des ersten Sensorelements 1 entspricht dabei dem Widerstandswert  $R_f$  in der Flüssigphase 12. Der Widerstandswert des zweiten Sensorelements 2 entspricht dabei dem Widerstandswert  $R_g$  in der Gasphase 13. Der Widerstandswert der weiteren Sensorelemente 3 entspricht einem Sammelwiderstandswert  $R_3$ , der von der Verdrahtung der Sensorelemente 3 untereinander sowie dem Flüssigkeitsspiegel 11 abhängt.

**[0069]** Die Auswerteeinrichtung 4 der Fig. 1 weist ferner eine Speichereinrichtung 5 auf, welche geeignet ist, die Widerstandswerte  $R_f$ ,  $R_g$ ,  $R_3$  zu speichern und zur Verwendung bereitzustellen. Insbesondere ist die Speichereinrichtung 5 dazu eingerichtet, Referenzwiderstandswerte  $R_f$ ,  $R_g$  zu speichern, wobei die Referenzwiderstandswerte  $R_f$ ,  $R_g$  jeweils aktuell von der Auswerteeinrichtung 4 bestimmbar sind.

**[0070]** In einer Ausführungsform ist die Speichereinrichtung 5 dazu geeignet, eine zeitliche Folge von Widerstandswerten  $R_f$ ,  $R_g$ ,  $R_3$  zu speichern und bei Bedarf auszugeben. Dann speichert die Speichereinrichtung 5 mit jedem Widerstandswert  $R_f$ ,  $R_g$ ,  $R_3$  einen Zeitstempel, der den Zeitpunkt der Messung des Widerstandswerts  $R_f$ ,  $R_g$ ,  $R_3$  umfasst. Somit lässt sich von einer zeitlichen Änderung der Widerstandswerte  $R_f$ ,  $R_g$ ,  $R_3$  auch auf eine zeitliche Änderung des Flüssigkeitsspiegels 11 und/oder der Betriebsbedingungen, wie beispielsweise einen zeitlichen Temperaturverlauf in dem Behälter 10 schließen.

**[0071]** Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der ersten Ausführungsform der Messanordnung 101. Die Messanordnung 101 umfasst ein erstes Sensorelement 1, ein zweites Sensorelement 2 sowie weitere Sensorelemente 3. In der Fig. 2 sind genau sechs Sensorelemente 3,  $3_1$  bis  $3_6$ , dargestellt. Dies ist jedoch nur beispielhaft zu verstehen, im Allgemeinen können  $n$  Sensorelemente 3 verwendet werden. Ferner sind die weiteren Sensorelemente 3 in dem Beispiel gleichmäßig voneinander beabstandet dargestellt. Andere Anordnungen, insbesondere mit jeweils unterschiedlichem Abstand zwischen jeweils zwei Sensorelementen 3, sind vorstellbar. Dies gilt auch für alle weiteren Ausführungsbeispiele der Messanordnung der Fig. 3 - 6. Außerdem ist das in den Fig. 1 und 7 dargestellte Substrat 6 in der Fig. 2 sowie den Fig. 3 - 6 zur besseren Übersicht nicht dargestellt.

**[0072]** Weiterhin umfasst die Messanordnung 101 eine mit den Sensorelementen 1, 2, 3 gekoppelte Auswerteeinrichtung 4. In dem Beispiel der Fig. 2 sind die Sensorelemente 1, 2, 3 jeweils galvanisch mittels den Drahtabschnitten  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  und  $V_G$  mit der Auswerteeinrichtung 4 gekoppelt. Insbesondere sind das erste Sensorelement 1 und das zweite Sensorelement 2 einzeln durch die Auswerteeinrichtung 4 ansteuerbar. Die Auswerteeinrichtung 4 steuert die Sensorelemente 1, 2, 3 insbesondere durch ein Anlegen einer Spannung an die Enden der Drahtabschnitte  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  bzw.  $V_G$  an.

**[0073]** In der Ausführungsform der Messanordnung 101 in der Fig. 2 sind die weiteren Sensorelemente 3 in einer Reihenschaltung mittels der Drahtabschnitte  $V_{12}$  bis  $V_{56}$  miteinander verbunden. Das heißt, dass ein Strom durch alle Sensorelemente  $3_1$  bis  $3_6$  fließen muss. Somit wird, wenn die Auswerteeinrichtung 4 die weiteren Sensorelemente 3 ansteuert, ein Sammelwiderstandswert  $R_3$  bestimmt, welcher dem Reihenwiderstand der in Reihe geschalteten Sensorelemente 3 entspricht. Der Sammelwiderstandswert  $R_3$  gemäß der Ausführungsform der Messanordnung 101 der Fig. 2 kann durch folgende Gleichung (1) beschrieben werden:

$$R_3 = n_g R_g + n_f R_f, \quad (1)$$

wobei  $n_g$  die Anzahl der Sensorelemente 3, die sich in der Gasphase 13 befinden,  $n_f$  die Anzahl der Sensorelemente 3, die sich in der Flüssigphase 12 befinden und  $n = n_g + n_f$  die Gesamtzahl der Sensorelemente 3 ist. Es kann somit von einer Messung des Sammelwiderstandswerts  $R_3$  auf den Flüssigkeitsspiegel 11 geschlossen werden.

**[0074]** Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer zweiten Ausführungsform der Messanordnung 102. Die Messanordnung 102 der Fig. 3 kann gemäß einer der Fig. 1 oder 7 in einem Behälter 10 zur Messung des Flüssigkeitsspiegels 11 eingesetzt werden. Die Messanordnung 102 unterscheidet sich von der Messanordnung 101 der Fig. 2 dadurch, dass die weiteren Sensorelemente 3 eine erste Mehrzahl M1 und eine zweite Mehrzahl M2 von Sensorelementen 3 umfassen. Der weitere Aufbau entspricht jenem der Messanordnung 101 der Fig. 2. Die erste Mehrzahl M1 und die zweite Mehrzahl M2 sind in der Fig. 3 durch einen gestrichelten Kasten eingefasst, um die strukturelle Zusammengehörigkeit zu verdeutlichen. Jede Mehrzahl M1, M2 von Sensorelementen 3 bildet für sich eine Reihenschaltung von Sensorelementen 3. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden in der Fig. 3 die Bezeichnungen der einzelnen Sensorelemente 3 sowie der sie verbindenden Drahtabschnitte unterdrückt. In dem Beispiel der Fig. 3 ist die erste Mehrzahl M1 mit der zweiten Mehrzahl M2 parallel geschaltet. Diese Ausführungsform bietet eine redundante Ausführung. Die Auswerteeinrichtung 4 ist dazu eingerichtet, einen Sammelwiderstandswert  $R_3$  zu bestimmen, wobei der Sammelwiderstandswert  $R_3$  sich aus der Parallelschaltung der ersten Mehrzahl M1 und der zweiten Mehrzahl M2 ergibt. Der Sammelwiderstandswert  $R_3$  dieser Ausführungsform kann mit folgender Gleichung (2) berechnet werden:

$$R_3 = 1/(1/(n_{g1} R_g + n_{f1} R_f) + 1/(n_{g2} R_g + n_{f2} R_f)) \quad (2)$$

**[0075]** Hierbei ist  $n_{g1}$ ,  $n_{g2}$  die Anzahl der Sensorelemente 3 der ersten Mehrzahl M1 bzw. zweiten Mehrzahl M2 von Sensorelementen 3, die sich in der Gasphase 13 befinden und  $n_{f1}$ ,  $n_{f2}$  die Anzahl der Sensorelemente 3 der ersten Mehrzahl M1 bzw. zweiten Mehrzahl M2 von Sensorelementen 3, die sich in der Flüssigphase 12 befinden.

**[0076]** Sollte ein Defekt in der ersten Mehrzahl M1 oder in der zweiten Mehrzahl M2 von Sensorelementen 3 auftreten, so bleibt die Messanordnung 102 in dieser Ausführungsform funktionstüchtig, denn es bleibt zumindest eine Reihenschaltung von Sensorelementen 3 intakt. Dann kann der Sammelwiderstandswert  $R_3$  entsprechend der Gleichung (1) in der Beschreibung der Fig. 2 ermittelt werden.

**[0077]** Fig. 4 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer dritten Ausführungsform der Messanordnung 103. Die Messanordnung 103 der Fig. 4 kann gemäß einer der Fig. 1 oder 7 in einem Behälter 10 zur Messung des Flüssigkeitsspiegels 11 eingesetzt werden. Die Messanordnung 103 unterscheidet sich von der Messanordnung 101 der Fig. 2 dadurch, dass die weiteren Sensorelemente 3 hier Gruppen 403 von jeweils zwei Sensorelementen 401, 402 umfassen, die zusammengenommen weitere Sensorelemente 404 bilden. Der weitere Aufbau der Messanordnung 103 entspricht jenem der Messanordnung 101 der Fig. 2. In der Fig. 4 ist die oberste Gruppe 403 durch einen gestrichelt dargestellten Kasten um die Sensorelemente 401, 402 dargestellt. Aus Gründen der Übersicht wurden die weiteren Gruppen 403 unterhalb dieser zuoberst dargestellten Gruppe 403 nicht in einen solchen Kasten eingefasst und die einzelnen Sensorelemente wurden nicht mit Bezugszeichen versehen. Die Sensorelemente 401, 402 sind mittels der Drahtabschnitte  $V_P$  parallel zueinander geschaltet. Eine Mehrzahl 404 solcher Gruppen 403 ist in Reihe geschaltet. Die in Reihe geschalteten Gruppen 403 sind in ihrer Gesamtheit 404 parallel zu der Auswerteeinrichtung 4 geschaltet und mittels der Auswerteeinrichtung 4 ansteuerbar. Dieser Aufbau ermöglicht eine verbesserte Redundanz der Messanordnung 103, da, selbst wenn in jeder Gruppe 403 ein Defekt auftritt, die Messanordnung 103 funktionstüchtig bleibt. Der Sammelwiderstandswert  $R_3$  der in Reihe geschalteten Mehrzahl von Gruppen 403 kann mittels folgender Gleichung (3) berechnet werden:

$$R_3 = k_g (0.5 R_g) + k_f (0.5 R_f) \quad (3)$$

**[0078]** Dabei ist  $k_g$  die Anzahl der Gruppen 403, die sich in der Gasphase 13 befinden und  $k_f$  ist die Anzahl der Gruppen 403, die sich in der Flüssigphase 12 befinden.  $k = 0.5 n = k_g + k_f$  ist die Gesamtanzahl der Gruppen 403, wenn jede Gruppe 403 aus genau zwei Sensorelementen 401, 402 gebildet wird.

**[0079]** Fig. 5 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer vierten Ausführungsform der Messanordnung 104. Die Messanordnung 104 der Fig. 5 kann gemäß einer der Fig. 1 oder 7 in einem Behälter 10 zur Messung des Flüssigkeitsspiegels 11 eingesetzt werden. Die Messanordnung 104 unterscheidet sich von der Messanordnung 103 der Fig. 4 dadurch, dass die eine Gruppe 403 bildenden Sensorelemente 401, 402 zueinander versetzt angeordnet sind. Der weitere Aufbau der Messanordnung 104 entspricht jenem der Messanordnung 103 der Fig. 4. Wie schon in Fig. 4 ist nur die zuoberst dargestellte Gruppe 403 mit Bezugszeichen versehen, um die Darstellung einfach zu halten. Vorliegend bedeutet "versetzt zueinander" insbesondere, dass die Sensorelemente 401, 402 nicht auf der gleichen Höhe in dem Behälter 10 angeordnet sind. Mit dieser besonderen Anordnung der Sensorelemente 401, 402 ist eine verbesserte



Auflösung bei der Messung des Flüssigkeitsspiegels 11 erzielbar.

**[0080]** Fig. 6 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer fünften Ausführungsform der Messanordnung 105. Die Messanordnung 105 kann gemäß einer der Fig. 1 oder 7 in einem Behälter 10 zur Messung des Flüssigkeitsspiegels 11 eingesetzt werden. Die Messanordnung 105 unterscheidet sich von der Messanordnung 101 der Fig. 2 dadurch, dass die weiteren Sensorelemente 3, 3<sub>1</sub> bis 3<sub>6</sub>, jeweils einzeln mittels den ihnen zugeordneten Drahtabschnitten V<sub>31</sub> bis V<sub>36</sub> ansteuerbar sind. Der weitere Aufbau der Messanordnung 105 entspricht jenem der Messanordnung 101 der Fig. 2. Die Messanordnung 105 ermöglicht es, einzelne defekte Sensorelemente 3 eindeutig zu identifizieren und bei Bedarf auszutauschen. Ferner ist hiermit vorteilhaft ermöglicht, insbesondere in der Gasphase 13 des Fluids, einen Temperaturverlauf als Funktion der Höhe in dem Behälter 10 zu ermitteln, sofern eine Temperaturkennlinie der Sensorelemente 3 bekannt ist.

**[0081]** Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung eines Behälters 10 mit einer sechsten Ausführungsform einer Messanordnung 106 zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels 11 in dem Behälter 10. Wie schon in Fig. 1 sind die Sensorelemente 1, 2, 3 auf einem Substrat 6 fixiert und in dem Behälter 10 angeordnet. Ferner weist die Messanordnung 106 eine Auswerteeinrichtung 4 auf. Die Kopplung der Auswerteeinrichtung 4 mit den Sensorelementen 1, 2, 3 bei der Messanordnung 106 kapazitiv 7 und/oder induktiv 7 ausgeführt ist. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass keine Durchführung eines Drahtabschnitts oder Kabels zur galvanischen Kopplung der Auswerteeinrichtung 4 mit den Sensorelementen 1, 2, 3 benötigt wird. Die Anordnung sowie die elektrische Verbindung der Sensorelemente 1, 2, 3 ist in der Fig. 7 nur angedeutet und stellt nicht eine tatsächlich vorliegende Anordnung dar. Konkrete Ausführungsbeispiele hierfür sind in den Fig. 2 - 6 dargestellt.

**[0082]** Fig. 8 zeigt ein schematisches Diagramm einer Messkurve eines Flüssigkeitsspiegels 11 in einem Behälter 10 in Abhängigkeit von einem Sammelwiderstandswert R<sub>3</sub>, ermittelt mit einer Messanordnung 101 bis 106 gemäß einer der Fig. 1 bis 7. Das Diagramm umfasst eine horizontale Achse, die den Flüssigkeitsspiegel 11 darstellt, und eine vertikale Achse, die den Sammelwiderstandswert R<sub>3</sub> darstellt. Eine derartige Messkurve ist beispielsweise mit einer der Ausführungsformen der Messanordnung 101 bis 106 gemäß einer der Fig. 2 - 6 in einer Anordnung in einem Behälter 10 gemäß einer der Fig. 1 oder 6 messbar. In dem Beispiel der Fig. 8 ergibt sich bei hohem Flüssigkeitsspiegel 11 des Fluids in dem Behälter 10 ein geringer Sammelwiderstandswert R<sub>a</sub> und bei geringem Flüssigkeitsspiegel 11 des Fluids in dem Behälter 10 ein höherer Sammelwiderstandswert R<sub>b</sub>. Die Relation der Widerstandswerte R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub> zueinander hängt von den verwendeten Sensorelementen 3 ab. Insbesondere ergibt sich ein geringerer Wert von R<sub>a</sub> gegenüber R<sub>b</sub>, wenn die Sensorelemente 3 Kaltleiter sind und es ergibt sich ein größerer Wert von R<sub>a</sub> gegenüber R<sub>b</sub>, wenn die Sensorelemente 3 Heißleiter sind. Kaltleiter sind solche Sensorelemente 1, 2, 3, die bei einer geringeren Temperatur einen kleineren Widerstandswert aufweisen als bei einer höheren Temperatur. Heißleiter sind solche Sensorelemente, die bei einer höheren Temperatur einen geringeren Widerstandswert aufweisen als bei einer geringeren Temperatur.

**[0083]** Die beiden Widerstandswerte sind mit einer Treppenfunktion verbunden, wobei jeweils diskrete Sammelwiderstandswerte R<sub>a</sub>, r<sub>1</sub> - r<sub>4</sub>, R<sub>b</sub> einem Stand des Flüssigkeitsspiegels 11 von 0, f<sub>1</sub> - f<sub>4</sub>, Max entsprechen.

**[0084]** Das Entstehen dieser Treppenfunktion kann mit einer Ausführungsform der Messanordnung 101 gemäß der Fig. 2 und bei Verwendung von Kaltleitern als Sensorelemente 3 folgendermaßen beschrieben werden: Bei hohem Flüssigkeitsspiegel 11 sind alle Sensorelemente 3 von der flüssigen Phase 12 des Fluids umgeben. Es ergibt sich daher ein Sammelwiderstandswert R<sub>3</sub> von  $R_3 = n R_f = R_b$ . Sinkt der Flüssigkeitsspiegel 11 unter das am obersten angeordnete Sensorelement der weiteren Sensorelemente 3, erhöht sich der Sammelwiderstandswert R<sub>3</sub> um einen Wert, der einer Differenz der Widerstandswerte R<sub>f</sub>, R<sub>g</sub> in der flüssigen bzw. in der gasförmigen Phase 12, 13 entspricht:  $R_3 = (n - 1)R_f + R_g = r_4$ . Dies setzt sich fort, bis sich bei minimalem Flüssigkeitsspiegel 11 alle Sensorelemente 3 in der Gasphase 13 befinden und der Sammelwiderstandswert  $R_3 = n R_g = R_a$  ist.

**[0085]** In dem Beispiel der Fig. 8 ist die Treppenfunktion überdeutlich dargestellt. In einem tatsächlichen Anwendungsfall wird die Treppenfunktion nicht so deutlich sein. Insbesondere kann durch eine spezifische Anordnung der Sensorelemente 3, wie beispielsweise in der Fig. 5 dargestellt, eine feinere Abstufung erhalten werden. Ferner wird eine Wärmekopplung der Sensorelemente 3 an das Fluid auch mittels des Substrats 6 sowie der Verdrahtung V<sub>1</sub> - V<sub>G</sub> gegeben sein.

**[0086]** Fig. 9 zeigt ein schematisches Blockschaltbild für den Verlauf eines Verfahrens zum Betrieb einer Messanordnung 101 - 106 gemäß einer der Fig. 1 - 8. Das Verfahren umfasst mehrere Schritte. In Schritt 901 steuert die Auswerteeinrichtung 4 zumindest eine Auswahl von Sensorelementen 1, 2, 3 mit einer Spannung an. Dies hat einen Stromfluss durch die angesteuerte Auswahl von Sensorelementen 1, 2, 3 zur Folge. In Schritt 902 bestimmt die Auswerteeinrichtung 4 einen Widerstandswert der angesteuerten Auswahl von Sensorelementen 1, 2, 3. In Schritt 803 ermittelt die Auswerteeinrichtung 4 den Flüssigkeitsspiegel 11 in dem Behälter 10. Dies erreicht die Auswerteeinrichtung 4 insbesondere durch einen Vergleich des in Schritt 902 bestimmten Widerstandswerts mit Referenzwiderstandswerten R<sub>f</sub>, R<sub>g</sub>, wobei die Referenzwiderstandswerte R<sub>f</sub>, R<sub>g</sub> in einer Speichereinrichtung 5 gespeichert sein können.

**[0087]** Zusätzlich zu den genannten Schritten kann das Verfahren einen weiteren Schritt umfassen, in welchem der Widerstandswert des ersten Sensorelements 1 und/oder des zweiten Sensorelements 2 als der Referenzwiderstandswert R<sub>f</sub>, R<sub>g</sub> ermittelt wird.

**[0088]** Zusätzlich zu den genannten Schritten kann das Verfahren einen weiteren Schritt umfassen, in welchem ein aktuell gemessener Sammelwiderstandswert R3 mit einem zu einem vorhergehenden Zeitpunkt gemessenen Sammelwiderstandswert R3 verglichen wird. Aus einem solchen Vergleich kann festgestellt werden, ob in der zwischen den beiden Messungen verstrichenen Zeit ein Defekt in der Messanordnung 101 - 106, insbesondere in der elektrischen Verbindung der weiteren Sensorelemente 3, aufgetreten ist.

#### Bezugszeichenliste

#### **[0089]**

10	1	erstes Sensorelement
	2	zweites Sensorelement
	3	weitere Sensorelemente
	3 <sub>1</sub>	weiteres Sensorelement
15	3 <sub>2</sub>	weiteres Sensorelement
	3 <sub>3</sub>	weiteres Sensorelement
	3 <sub>4</sub>	weiteres Sensorelement
	3 <sub>5</sub>	weiteres Sensorelement
	3 <sub>6</sub>	weiteres Sensorelement
20	4	Auswerteinrichtung
	5	Speichereinrichtung
	6	Substrat
	7	kapazitive/induktive Kopplung
	10	Behälter
25	11	Flüssigkeitsspiegel
	12	Flüssigphase
	13	Gasphase
	101	Ausführungsform der Messanordnung
30	102	Ausführungsform der Messanordnung
	103	Ausführungsform der Messanordnung
	104	Ausführungsform der Messanordnung
	105	Ausführungsform der Messanordnung
	106	Ausführungsform der Messanordnung
35	401	Sensorelement
	402	Sensorelement
	403	Gruppe von Sensorelementen
	404	Mehrzahl von Gruppen von Sensorelementen
40	901	Verfahrensschritt
	902	Verfahrensschritt
	903	Verfahrensschritt
	f1	Flüssigkeitsspiegel 1
45	f2	Flüssigkeitsspiegel 2
	f3	Flüssigkeitsspiegel 3
	f4	Flüssigkeitsspiegel 4
	k	Anzahl von Gruppen von Sensorelementen
	M1	Mehrzahl von weiteren Sensorelementen
50	M2	Mehrzahl von weiteren Sensorelementen
	n	Anzahl von weiteren Sensorelementen
	nf	Anzahl von weiteren Sensorelementen in der Flüssigphase
	ng	Anzahl von weiteren Sensorelementen in der Gasphase
	r1	Sammelwiderstandswert bei Flüssigkeitsspiegel f4
55	r2	Sammelwiderstandswert bei Flüssigkeitsspiegel f3
	r3	Sammelwiderstandswert bei Flüssigkeitsspiegel f2
	r4	Sammelwiderstandswert bei Flüssigkeitsspiegel f1
	Ra	Sammelwiderstandswert bei Flüssigkeitsspiegel 0

Rb    Sammelwiderstandswert bei Flüssigkeitsspiegel Max  
 Rf    Widerstandswert eines Sensorelements in der Flüssigphase  
 Rg    Widerstandswert eines Sensorelements in der Gasphase  
 Ri    temperaturabhängiger intrinsischer Widerstandswert eines Sensorelements

5  
 V<sub>1</sub>    Drahtabschnitt  
 V<sub>2</sub>    Drahtabschnitt  
 V<sub>3</sub>    Drahtabschnitt  
 V<sub>12</sub>   Drahtabschnitt  
 10 V<sub>23</sub>   Drahtabschnitt  
 V<sub>34</sub>   Drahtabschnitt  
 V<sub>45</sub>   Drahtabschnitt  
 V<sub>56</sub>   Drahtabschnitt  
 V<sub>31</sub>   Drahtabschnitt  
 15 V<sub>32</sub>   Drahtabschnitt  
 V<sub>33</sub>   Drahtabschnitt  
 V<sub>34</sub>   Drahtabschnitt  
 V<sub>35</sub>   Drahtabschnitt  
 V<sub>36</sub>   Drahtabschnitt  
 20 V<sub>p</sub>    Drahtabschnitt

# Patentansprüche

- 25 1. Messanordnung (101 - 106) zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels (11), welcher eine Flüssigphase (12) von einer Gasphase (13) eines Fluids trennt, in einem Behälter (10), mit:
- einem ersten Sensorelement (1),  
 einem zweiten Sensorelement (2),  
 30 weiteren Sensorelementen (3), welche auf einem Pfad zwischen dem ersten Sensorelement (1) und dem zweiten Sensorelement (2) angeordnet sind, und mit einer mit den Sensorelementen (1, 2, 3) gekoppelte Auswerteeinrichtung (4), wobei  
 die Sensorelemente (1, 2, 3) jeweils einen temperaturabhängigen elektrischen Widerstand (Ri) aufweisen und ein Stromfluss durch ein jeweiliges Sensorelement (1, 2, 3) zu einer Erwärmung desselben führt,  
 35 das erste Sensorelement (1), das zweite Sensorelement (2) und die weiteren Sensorelemente (3) in dem Behälter (10) derart anordenbar sind, dass sich der Flüssigkeitsspiegel (11) in dem Behälter (10) bei bestimmungsgemäßem Gebrauch zwischen dem ersten Sensorelement (1) und dem zweiten Sensorelement (2) befindet,  
 die Auswerteeinrichtung (4) zur Messung zumindest eines Sammelwiderstandswerts (R3) von zumindest einer Auswahl der auf einem Pfad angeordneten Sensorelemente (3) eingerichtet ist, und  
 40 die Auswerteeinrichtung (4) dazu eingerichtet ist, in Abhängigkeit von dem Sammelwiderstandswert (R3), einem Widerstandswert (Rf) des ersten, in der Flüssigphase (12) angeordneten Sensorelements (1), und einem Widerstandswert (Rg) des zweiten, in der Gasphase (13) angeordneten Sensorelements (2), den Flüssigkeitsspiegel (11) zu ermitteln.
- 45 2. Messanordnung nach Anspruch 1, wobei die Auswerteeinrichtung (4) außerhalb des Behälters (10) angeordnet ist.
3. Messanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Auswerteeinrichtung (4) mit den Sensorelementen (1, 2, 3) kapazitiv und/oder induktiv gekoppelt ist.
- 50 4. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend eine Speichereinrichtung (5) zur Speicherung des Sammelwiderstandswerts (R3) und/oder des Widerstandswerts (Rf) des ersten Sensorelements (1) und/oder des Widerstandswerts (Rg) des zweiten Sensorelements (2).
- 55 5. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest eines der Sensorelemente (1, 2, 3) eine Leuchtdiode ist.
6. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messanordnung für einen Betrieb bei einer

Temperatur im Bereich von -272°C bis 50°C, insbesondere -250°C bis 50°C, insbesondere -200°C bis 50°C eingerichtet ist.

7. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messanordnung für einen Betrieb bei einem Druck im Bereich von 1 bis 36 bar, insbesondere 1 bis 18 bar eingerichtet ist.

8. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine erste Mehrzahl von Sensorelementen (3), welche auf einem Pfad zwischen dem ersten und dem zweiten Sensorelement (1, 2) angeordnet sind und miteinander in Reihe geschaltet sind, mit einer zweiten Mehrzahl von Sensorelementen (3), welche auf einem Pfad zwischen dem ersten und dem zweiten Sensorelement (1, 2) angeordnet und miteinander in Reihe geschaltet sind, parallel geschaltet ist, und die erste und die zweite Mehrzahl von Sensorelementen (3) mit der Auswerteinrichtung (4) gekoppelt sind.

9. Messanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei jeweils wenigstens zwei Sensorelemente (401, 402) parallel miteinander elektrisch verbunden sind und eine Gruppe (403) formen, wobei eine Mehrzahl solcher Gruppen (403) in einer Reihenschaltung elektrisch miteinander verbunden sind, und wobei die Gruppen (403) auf einem Pfad zwischen dem ersten und dem zweiten Sensorelement (1, 2) angeordnet und mit der Auswerteinrichtung (4) elektrisch verbunden sind.

10. Behälter (10) zur Aufnahme eines Fluids mit der Messanordnung zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Fluid verflüssigte und/oder gasförmige Luft, verflüssigter und/oder gasförmiger Stickstoff, verflüssigter und/oder gasförmiger Sauerstoff, verflüssigtes und/oder gasförmiges Kohlenstoffdioxid und/oder ein verflüssigtes und/oder gasförmiges Edelgas umfasst.

11. Behälter mit zumindest drei Messanordnungen nach einem der Ansprüche 1 bis 9, die in dem Behälter (10) derart angeordnet sind, dass eine Verkippung des Flüssigkeitsspiegels (11) relativ zu dem Behälter (10) bestimmbar ist.

12. Verfahren zum Betreiben einer Messanordnung zur Messung eines Flüssigkeitsspiegels (11) in einem Behälter (10), mit einem ersten Sensorelement (1), einem zweiten Sensorelement (2) und weiteren Sensorelementen (3) und mit einer Auswerteinrichtung (4), mit den Schritten:

Ansteuern (901) zumindest einer Auswahl der Sensorelemente (1, 2, 3);  
Bestimmen (902) eines Widerstandswerts ( $R_f$ ,  $R_g$ ,  $R_3$ ) der angesteuerten Auswahl der Sensorelemente (1, 2, 3); und  
Ermitteln (903), in Abhängigkeit von dem Widerstandswert ( $R_3$ ) und zumindest zwei Referenzwiderstandswerten ( $R_f$ ,  $R_g$ ), des Flüssigkeitsspiegels (11) in dem Behälter (10).

13. Verfahren nach Anspruch 12, ferner umfassend die Schritte:

Ansteuern des ersten Sensorelements (1) zum Bestimmen eines ersten Widerstandswerts ( $R_f$ ) als ein erster Referenzwiderstandswert ( $R_f$ ); und  
Ansteuern des zweiten Sensorelements (2) zum Bestimmen eines zweiten Widerstandswerts ( $R_g$ ) als ein zweiter Referenzwiderstandswert ( $R_g$ ).

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, ferner umfassend die Schritte:

Bestimmen eines ersten Sammelwiderstandswerts ( $R_3$ ) zu einem ersten Zeitpunkt;  
Speichern des ersten Sammelwiderstandswerts ( $R_3$ ) in einer Speichereinrichtung (5);  
Bestimmen eines zweiten Sammelwiderstandswerts ( $R_3$ ) zu einem zweiten Zeitpunkt; und  
Vergleichen des gespeicherten ersten Sammelwiderstandswerts ( $R_3$ ) mit dem zweiten Sammelwiderstandswert ( $R_3$ ).

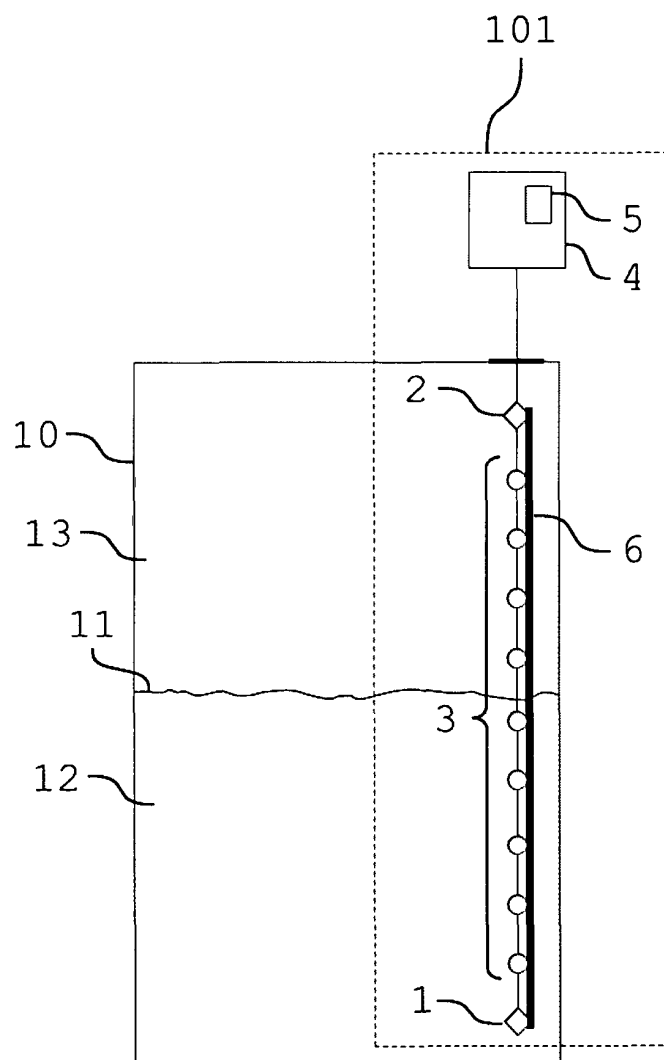


Fig. 1

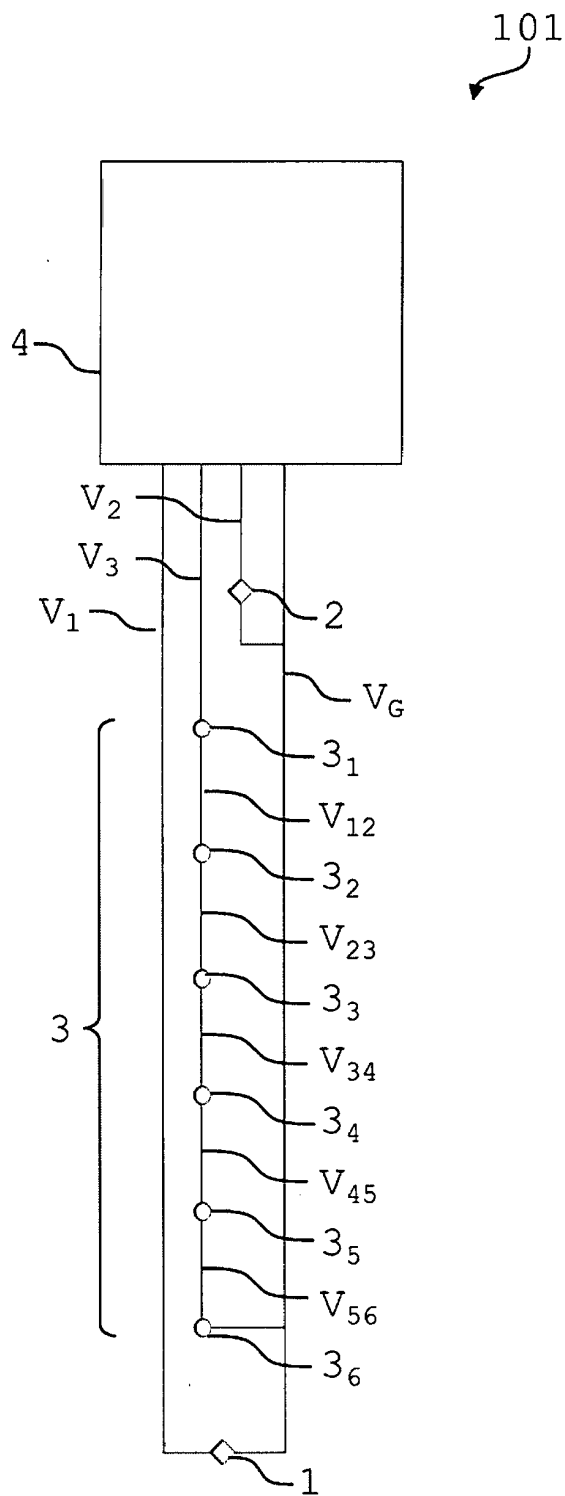


Fig. 2

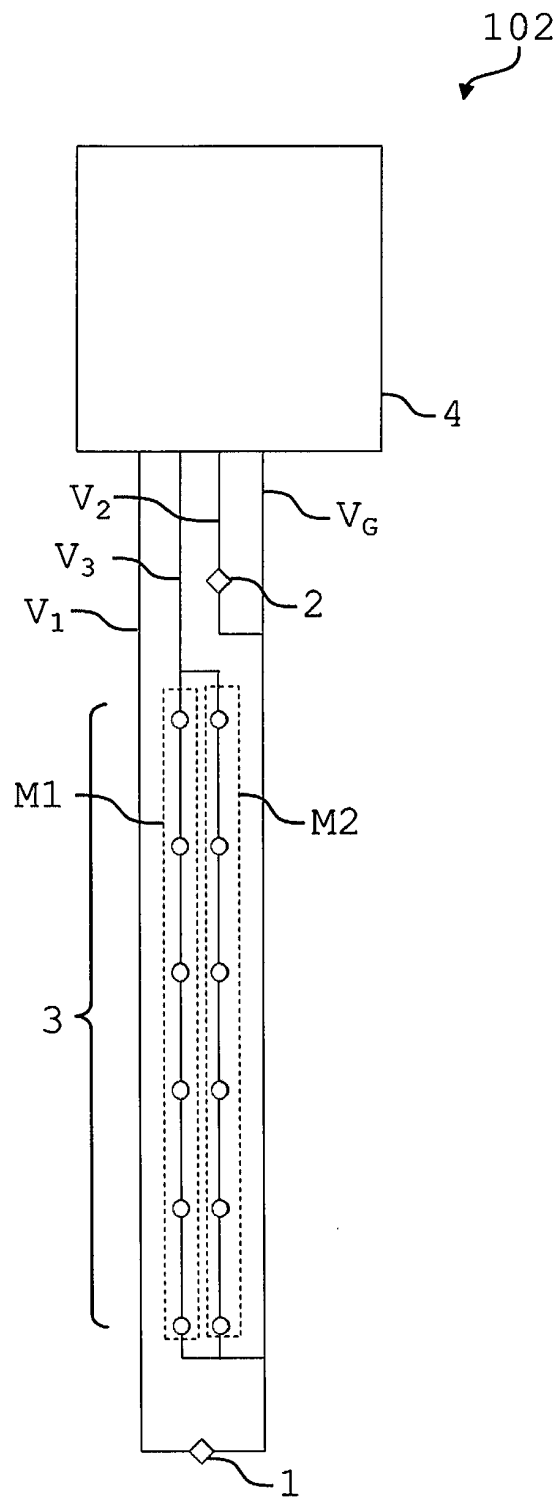


Fig. 3

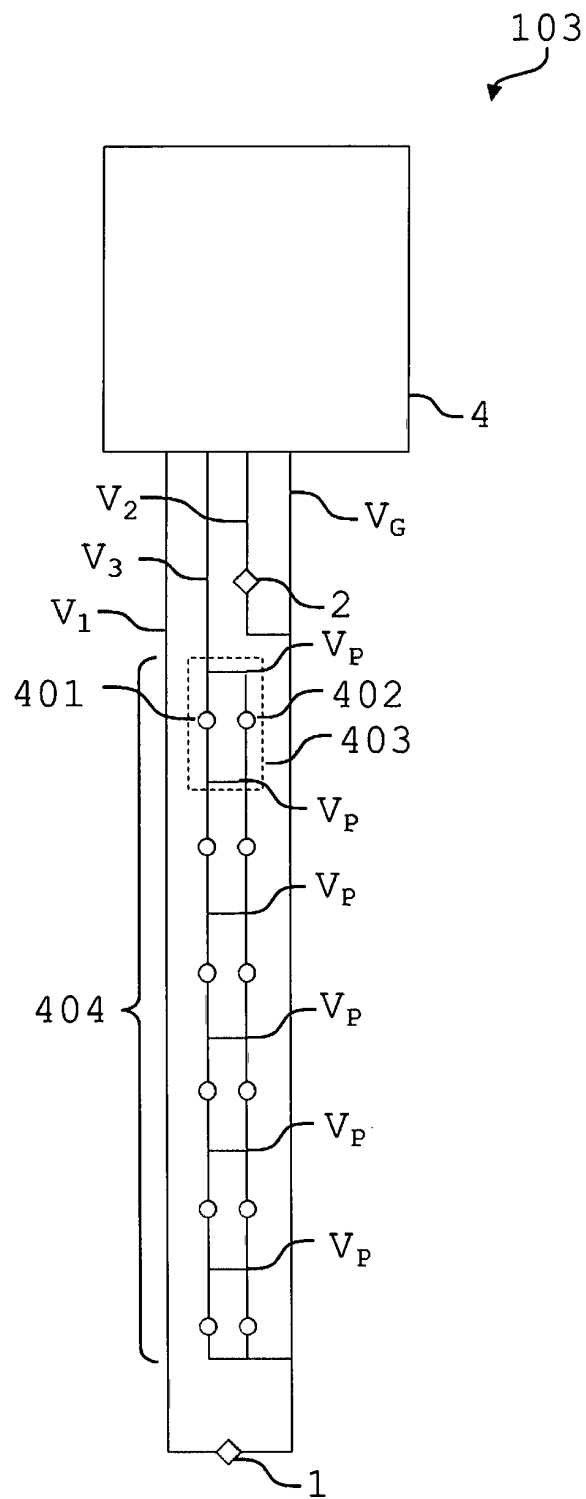


Fig. 4



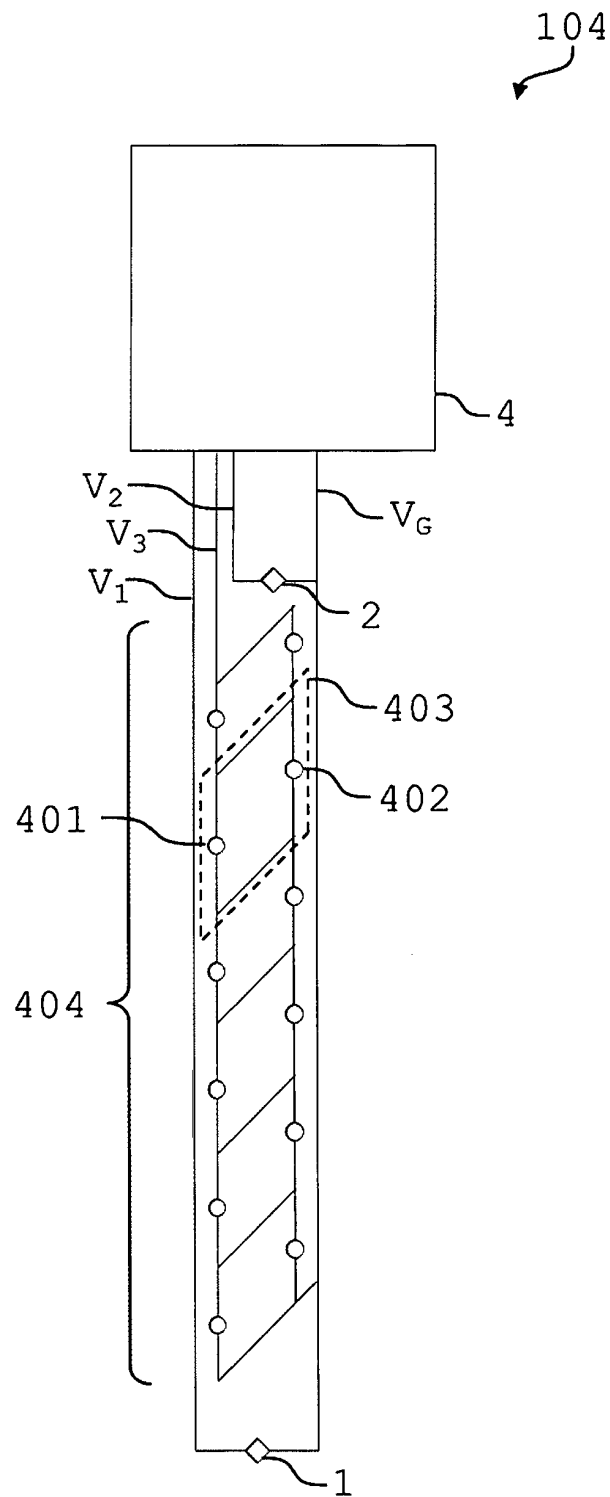


Fig. 5

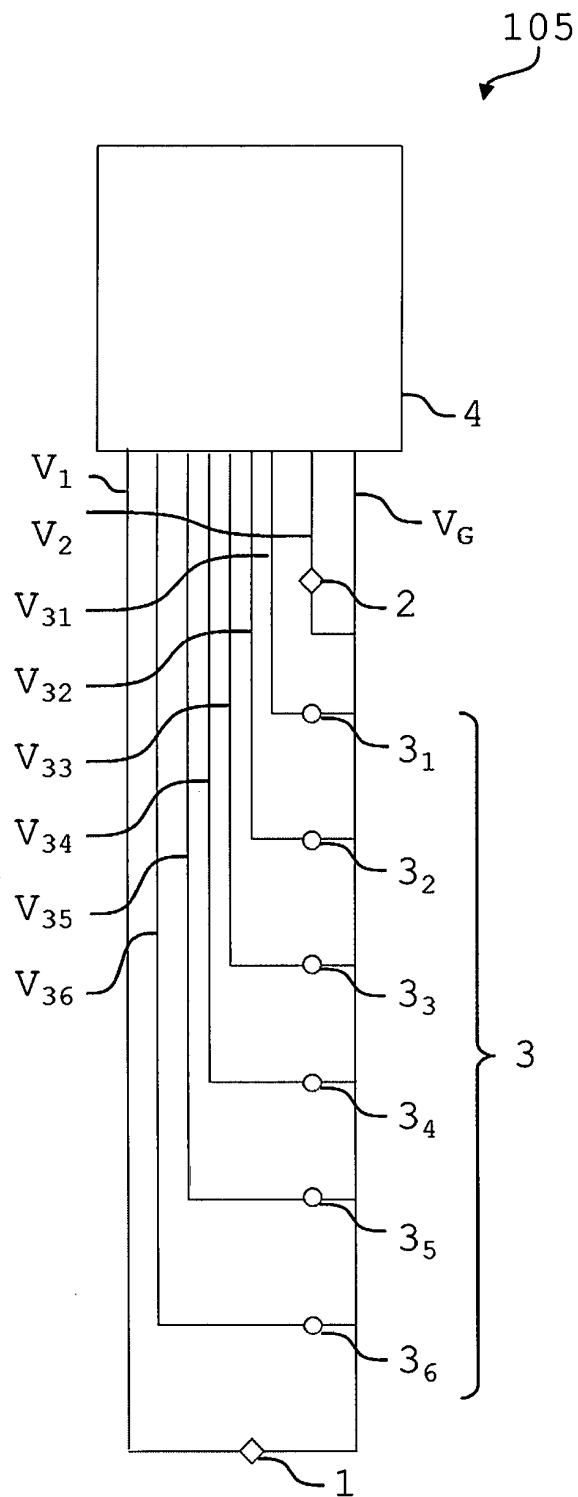


Fig. 6

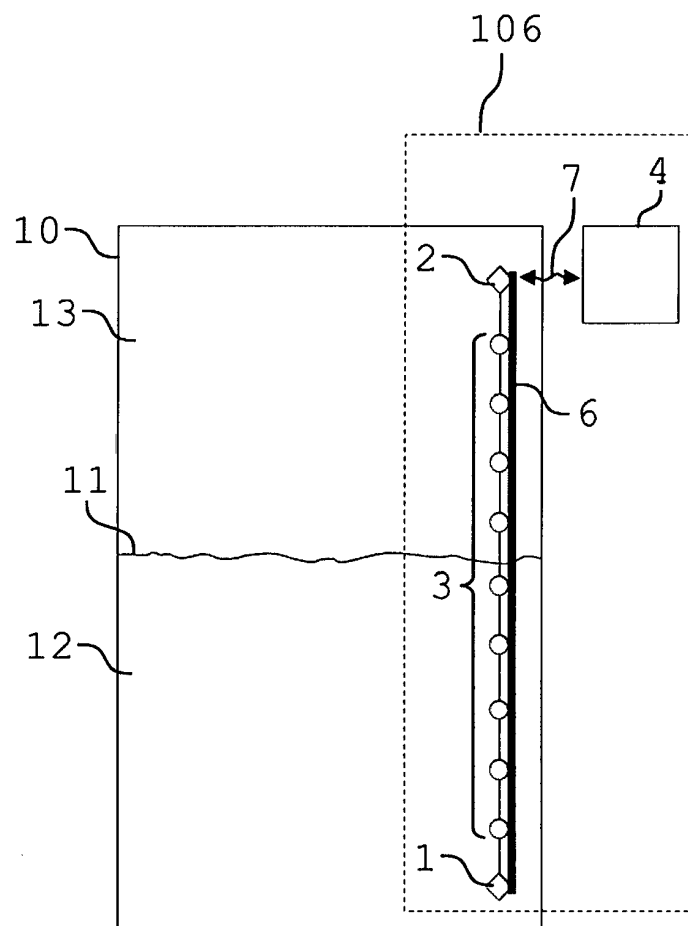


Fig. 7

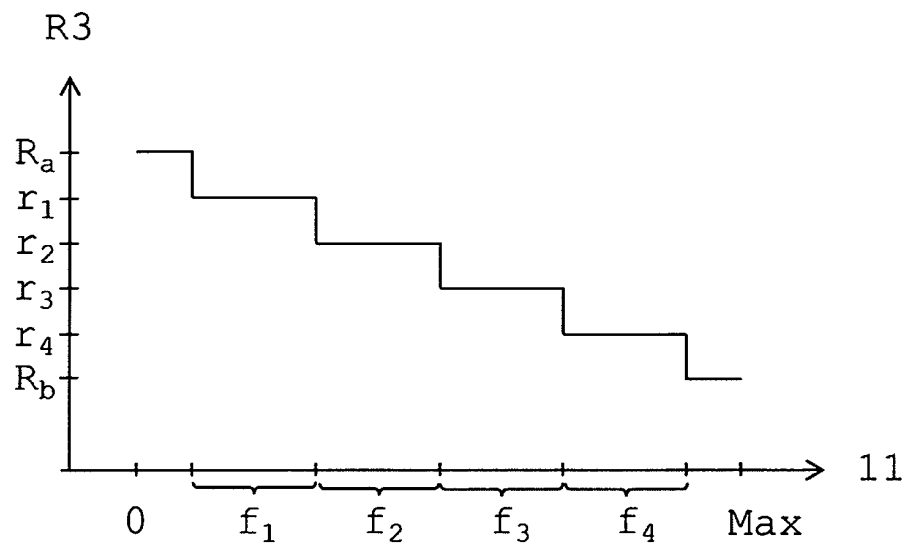


Fig. 8

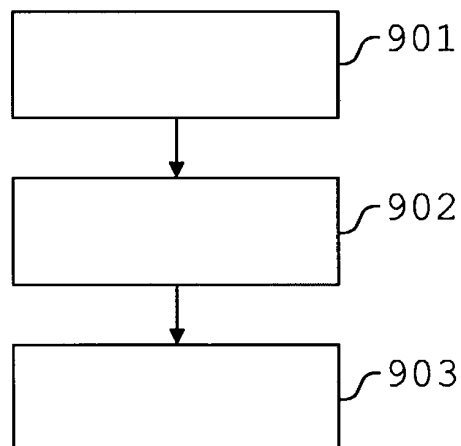


Fig. 9



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 16 00 0879

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2004 026396 A1 (ITW AUTOMOTIVE PROD GMBH & CO [DE]) 22. Dezember 2005 (2005-12-22)	1,2,4,6,7,10-14	INV. G01F23/24
Y	* Absätze [0031], [0050] - [0053] * * Abbildungen 1-3,10-13 *	3,5	
X	DE 31 25 633 A1 (LICENTIA GMBH [DE]) 13. Januar 1983 (1983-01-13)  * Seite 7, Zeile 6 - Seite 8, Zeile 16 * * Abbildung 1 *	1,2,4,6,7,10,12-14	
Y	DE 10 2007 005897 A1 (ENDRESS & HAUSER WETZER GMBH [DE]) 7. August 2008 (2008-08-07) * Absatz [0031] * * Abbildungen 1-3 *	3	
Y	DE 39 40 853 A1 (BALZERS HOCHVAKUUM [LI]) 13. Juni 1991 (1991-06-13) * das ganze Dokument *	5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	DE 197 33 830 A1 (KROMBERG & SCHUBERT [DE]) 11. Februar 1999 (1999-02-11) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	8,9	G01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>10. Oktober 2016</b>	Prüfer <b>Kloppenburg, Martin</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 00 0879

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-10-2016

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102004026396 A1	22-12-2005	DE 102004026396 A1	22-12-2005
		EP 1600747 A1	30-11-2005
		US 2005265425 A1	01-12-2005
DE 3125633 A1	13-01-1983	KEINE	
DE 102007005897 A1	07-08-2008	KEINE	
DE 3940853 A1	13-06-1991	DE 3940853 A1	13-06-1991
		EP 0487806 A1	03-06-1992
		US 5293896 A	15-03-1994
DE 19733830 A1	11-02-1999	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 3125591 A1 [0005]

## Aviso

Esta tradução foi gerada por uma máquina. Não é garantido que esta seja inteligível, exata, completa, confiável ou apropriada para fins específicos. Decisões críticas, como importantes decisões comerciais ou financeiras, não devem ser tomadas baseadas no resultado de uma tradução feita por máquina.

## DESCRIÇÃO EP3236217A1

### [0001]

<sup>14</sup> A invenção refere-se a um dispositivo de medição para medir um nível de líquido, que separa uma fase líquida de uma fase gasosa de um fluido, em um recipiente, um recipiente com o dispositivo de medição e um método para operar o dispositivo de medição no recipiente.

### [0002]

<sup>20</sup> Fluidos, especialmente líquidos criogênicos, geralmente são armazenados em recipientes.

<sup>21</sup> Uma vez que a maioria dos líquidos se destina ao consumo, é desejável saber o nível de enchimento de tal recipiente de líquido. No presente caso, entende-se por nível de enchimento a relação entre o volume do recipiente ocupado pelo líquido e o volume total do recipiente acessível ao líquido. Devido a requisitos especiais, muitas vezes não é possível fornecer um tanque com um visor para facilitar a verificação visual do nível de enchimento, por exemplo, ou o tanque está em um local inacessível. Então, uma solução técnica alternativa para medir o nível de enchimento é desejada.

### [0003]

<sup>31</sup> No caso de líquidos criogênicos em particular, requisitos particulares devem ser atendidos para um recipiente, uma vez que tal recipiente pode ser exposto tanto a pressões internas muito altas quanto a grandes flutuações de temperatura.

<sup>34</sup> Portanto, os recipientes para líquidos criogênicos geralmente têm uma estrutura particularmente complexa.



#### [0004]

- <sup>39</sup> Se tal recipiente for preenchido com um líquido criogênico, uma camada limite, o nível líquido, se forma entre a fase gasosa e a fase líquida do fluido.
- <sup>41</sup> Devido à força da gravidade, um vetor normal em relação ao nível do líquido corre paralelo a um vetor da gravidade, pelo menos após um tempo de decaimento. Se a geometria do recipiente for conhecida, conclusões podem ser tiradas sobre o nível de enchimento a partir do nível do líquido.

#### [0005]

- <sup>48</sup> DE 31 25 591 A1 divulga um medidor de nível simples para medir o conteúdo do tanque de veículos motorizados.
- <sup>50</sup> Lá, um combustível é fornecido como fase líquida e ar como fase gasosa. Em veículos motorizados, os medidores de nível correspondentes não são expostos a sobrepressão ou temperaturas criogênicas.

#### [0006]

- <sup>56</sup> É um objetivo da invenção fornecer um dispositivo e método aperfeiçoados para medir o nível de líquido em um recipiente, em particular um recipiente criogênico.

#### [0007]

- <sup>61</sup> Este objetivo é alcançado com um arranjo de medição com um primeiro elemento sensor, um segundo elemento sensor, outros elementos sensores que são dispostos em um caminho entre o primeiro e o segundo elemento sensor e um dispositivo de avaliação acoplado aos elementos sensores.
- <sup>65</sup> Cada um dos elementos sensores tem uma resistência elétrica dependente da temperatura e um fluxo de corrente através de um respectivo elemento sensor faz com que ele aqueça.
- <sup>67</sup> O primeiro elemento sensor, o segundo elemento sensor e os outros elementos sensores podem ser dispostos no recipiente de tal forma que o nível do líquido no recipiente esteja entre o primeiro elemento sensor e o segundo elemento sensor quando usado conforme pretendido. O dispositivo de avaliação é configurado para medir pelo menos um valor de resistência coletiva de pelo menos uma seleção dos elementos sensores dispostos em um caminho. Além disso, o dispositivo de avaliação é configurado para determinar o nível de líquido em função do valor de resistência coletiva, um primeiro valor de resistência do primeiro elemento sensor disposto na fase líquida e um segundo valor de resistência do segundo elemento sensor disposto na fase líquida fase gasosa.

#### [0008]

- <sup>79</sup> Um elemento sensor inclui, em particular, um resistor, um diodo, um diodo emissor de luz e/ou

um sensor de temperatura, em particular um sensor de temperatura Pt100.

#### [0009]

- <sup>84</sup> Uma seleção de elementos sensores é, por exemplo, uma pluralidade de elementos sensores que são conectados uns aos outros em um circuito em série por meio de seções de fio interpostas, com uma primeira e uma segunda extremidade do circuito em série sendo acopladas ao dispositivo de avaliação em cada caso.
- <sup>88</sup> Em um circuito em série, uma corrente que flui através do circuito em série deve fluir através de cada elemento do circuito em série.

#### [0010]

- <sup>93</sup> O acoplamento ao dispositivo de avaliação permite que o dispositivo de avaliação meça o valor da resistência coletiva da seleção de elementos sensores.
- <sup>95</sup> O acoplamento pode, por exemplo, ocorrer galvanicamente por meio de uma seção de arame.
- <sup>96</sup> Alternativamente, o acoplamento também pode ser produzido de forma capacitiva e/ou indutiva. Neste caso, o valor da resistência coletiva também depende principalmente da fiação da seleção dos elementos sensores, como, por exemplo, conexão em série ou conexão em paralelo ou combinações dos mesmos.

#### [0011]

- <sup>103</sup> O dispositivo de avaliação é projetado para medir a resistência de um ou uma seleção de elementos sensores ou uma corrente elétrica através dos elementos sensores para aplicar uma tensão a duas seções de fio conectadas ao dispositivo de avaliação.
- <sup>106</sup> Isso é feito, por exemplo, aplicando um primeiro potencial a uma primeira seção de fio e aplicando um segundo potencial a uma segunda seção de fio, tendo o primeiro e o segundo potenciais valores diferentes. Tal aplicação ou ativação de uma tensão é referida como ativação no presente caso. A tensão é preferencialmente uma tensão contínua com um valor constante, em particular se diodos ou LEDs forem usados como elementos sensores.

#### [0012]

- <sup>114</sup> Em outras modalidades, uma tensão CA é aplicada.
- <sup>115</sup> Uma medição de tensão CA pode ser menos suscetível a interferências do que as tensões e correntes CC.

#### [0013]

- <sup>120</sup> O valor da resistência coletiva da seleção controlada de elementos sensores pode ser determinado a partir da tensão aplicada e do fluxo de corrente resultante da tensão.

<sup>122</sup> Como os elementos do sensor são resistências dependentes da temperatura, o valor da resistência coletiva pode mudar. Em particular, uma vez que o fluxo de corrente devido à seleção controlada de elementos sensores leva ao aquecimento destes, o fluxo de corrente não é necessariamente constante, particularmente logo após a aplicação da tensão. É então possível que o valor da resistência coletiva não possa ser claramente determinado imediatamente.

#### [0014]

<sup>131</sup> Em modalidades, uma certa duração de medição é fornecida para cada medição, na qual os elementos de sensor individuais pertencentes à seleção controlada de elementos de sensor atingem um equilíbrio termodinâmico, em particular com uma temperatura constante.

#### [0015]

<sup>137</sup> Em modalidades, o dispositivo de avaliação detecta um perfil de tempo em um período de tempo predeterminado após o início da condução com a tensão.

<sup>139</sup> Um nível de preenchimento pode ser determinado a partir da curva.

<sup>140</sup> O período de tempo predeterminado dura preferencialmente até que um valor medido estacionário para o valor de resistência coletivo resulte.

#### [0016]

<sup>145</sup> O dispositivo de avaliação é vantajosamente um dispositivo de processamento de sinal eletrônico que é configurado para aceitar sinais de medição analógicos e/ou digitais em uma entrada e compará-los usando um circuito lógico, por exemplo.

<sup>148</sup> Esta comparação dos sinais dá ao dispositivo de avaliação um valor medido. No presente caso, um sinal é em particular uma tensão de controle e/ou um fluxo de corrente. O respectivo valor de resistência pode ser determinado a partir disso. Com este valor de resistência, por exemplo, uma posição do nível do líquido no recipiente pode ser determinada por meio do dispositivo de avaliação, por ex. B. comparando o valor de resistência medido com um valor de resistência de referência. Por exemplo, a posição de um dos elementos sensores no percurso no recipiente é utilizada para uma localização ou posição do nível de líquido no recipiente.

#### [0017]

<sup>159</sup> O primeiro elemento sensor é preferencialmente disposto em um ponto no recipiente no qual há fluido líquido até que o recipiente seja completamente esvaziado.

<sup>161</sup> Isso garante que o valor de resistência do primeiro elemento sensor possa ser usado como um valor de resistência de referência para elementos sensores que estão em contato com a fase líquida do fluido.

### [0018]

- <sup>167</sup> Consequentemente, o segundo elemento sensor é preferencialmente disposto em um ponto no recipiente no qual o fluido está presente na forma gasosa, mesmo quando o recipiente está cheio ao máximo.
- <sup>170</sup> Isso garante que o valor de resistência do segundo elemento sensor possa ser usado como um valor de resistência de referência para elementos sensores que estão em contato com a fase gasosa do fluido.

### [0019]

- <sup>176</sup> Contato significa, em particular, contato térmico, ou seja, dissipação de calor ou dissipação de energia térmica devido a uma diferença de temperatura entre o respectivo elemento sensor e o meio circundante, que surge devido ao aquecimento do elemento sensor quando a corrente flui, no meio circundante, em particularmente o gás ou líquido circundante.

### [0020]

- <sup>183</sup> A totalidade dos elementos sensores é preferencialmente montada em um substrato adequado, por exemplo, um substrato em forma de haste.
- <sup>185</sup> É vantajoso aqui que a conexão dos elementos sensores ao substrato não seja rígida, caso contrário, existe o risco de um defeito devido a diferentes coeficientes de expansão de temperatura dos materiais usados se o dispositivo de medição for operado em temperaturas diferentes.

### [0021]

- <sup>192</sup> De acordo com uma modalidade do arranjo de medição, o dispositivo de avaliação é disposto fora do recipiente.
- <sup>194</sup> Uma tal disposição tem a vantagem de o próprio dispositivo de avaliação não ter de cumprir as condições especiais no recipiente, mas pode ser concebido de forma convencional.

### [0022]

- <sup>199</sup> De acordo com uma outra modalidade do dispositivo de medição, o dispositivo de avaliação é acoplado de forma capacitiva e/ou indutiva aos elementos sensores.

### [0023]

- <sup>204</sup> Isto tem a vantagem, especialmente se o dispositivo de avaliação for colocado fora do contêiner, de que nenhuma precaução especial deve ser tomada no contêiner, como uma

passagem de cabo.

<sup>207</sup> Assim, a integridade do recipiente não é perturbada.

<sup>208</sup> Isso é particularmente vantajoso para recipientes expostos a altas pressões e/ou altas flutuações de temperatura.

<sup>210</sup> Este é particularmente o caso dos vasos criogênicos.

#### [0024]

<sup>214</sup> De acordo com outra modalidade do arranjo de medição, ele compreende um dispositivo de memória para armazenar valores coletivos de resistência e/ou valores de referência de resistência.

#### [0025]

<sup>220</sup> Os valores de resistência podem, assim, ser armazenados por meio do dispositivo de memória e disponibilizados para recuperação posterior.

<sup>222</sup> O dispositivo de avaliação é então configurado para acessar os valores de resistência armazenados e realizar cálculos com base nos valores de resistência armazenados.

<sup>224</sup> Tais cálculos são, em particular, determinando o nível de enchimento ou a posição do nível do líquido no recipiente.

#### [0026]

<sup>229</sup> De acordo com uma outra forma de realização do dispositivo de medição, pelo menos um dos elementos sensores é concebido como um diodo emissor de luz.

#### [0027]

<sup>234</sup> Os díodos emissores de luz têm a vantagem, por exemplo, de poder iluminar o interior do recipiente ao mesmo tempo que se mede o nível de enchimento.

<sup>236</sup> A este respeito, uma observação visual também pode ser realizada.

<sup>237</sup> Os diodos permitem assim uma medição elétrica do nível do líquido e, por outro lado, um monitoramento óptico ou visual da interface entre a fase líquida e a fase gasosa, que é possibilitada pela iluminação.

#### [0028]

<sup>243</sup> Também pode ser previsto que vários ou todos os elementos sensores do dispositivo de medição sejam na forma de diodos emissores de luz.

<sup>245</sup> Também é concebível a utilização de diferentes díodos emissores de luz, como, por exemplo, díodos emissores de luz que acendem a vermelho, a azul ou a infravermelhos.

### [0029]

250 De acordo com outra modalidade do arranjo de medição, o arranjo de medição é configurado para operação a uma temperatura na faixa de  $-272^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ , em particular  $-250^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ , em particular  $-200^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ .

### [0030]

256 Isto torna vantajosamente possível usar o dispositivo de medição para medir o nível de líquido de líquidos criogênicos, como hélio, nitrogênio ou oxigênio, em um recipiente.

### [0031]

261 Em modalidades, o arranjo de medição é projetado para medir níveis líquidos de hélio líquido (ponto de ebulição  $4,222\text{ K} = -268,928^{\circ}\text{C}$ ), hidrogênio líquido (ponto de ebulição  $20,268\text{ K} = -252,882^{\circ}\text{C}$ ), nitrogênio líquido (ponto de ebulição  $77,35\text{ K} = -195,80^{\circ}\text{C}$ ) e/ou oxigênio líquido (ponto de ebulição  $90,18\text{ K} = -182,97^{\circ}\text{C}$ ).

265 A este respeito, os elementos sensores são preferencialmente adequados para serem operados em um ambiente criogênico entre  $-269^{\circ}\text{C}$  e  $-183^{\circ}\text{C}$ .

### [0032]

270 Uma fiação dos componentes individuais por meio de seções de fio é preferencialmente projetada com uma reserva de expansão de comprimento correspondente.

272 Isso significa que, se uma seção correspondente do fio for resfriada e encurtada como resultado, a reserva pode compensar esse encurtamento.

274 A este respeito, é possível, em particular, projetar o arranjo de medição com componentes alongados que apresentam uma grande expansão linear em função da temperatura.

### [0033]

279 De acordo com uma outra forma de realização do dispositivo de medição, o dispositivo de medição é configurado para operação a uma pressão na faixa de 1 a 36 bar, em particular 1 a 18 bar.

282 O uso em cilindros ou tanques de gás pressurizado é concebível.

### [0034]

286 Isso garante, em particular, que o arranjo de medição permaneça intacto como resultado de flutuações de pressão que ocorrem, por exemplo, quando um líquido criogênico é removido de um recipiente.

### [0035]

<sup>292</sup> É vantajoso para este propósito, por exemplo, se os componentes utilizados, como os elementos sensores, não tiverem cavidades fechadas ou geralmente não tiverem materiais compressíveis em áreas encapsuladas.

### [0036]

<sup>298</sup> De acordo com outra modalidade do dispositivo de medição, uma primeira pluralidade de elementos sensores é fornecida, os quais são dispostos em um caminho entre o primeiro e o segundo elemento sensor e são conectados em série um com o outro.

<sup>301</sup> Além disso, é fornecida uma segunda pluralidade de elementos sensores, que são dispostos em um caminho entre o primeiro e o segundo elemento sensor e são conectados em série entre si.

<sup>304</sup> Também está previsto que as duas conexões em série de elementos sensores sejam conectadas em paralelo uma com a outra e que esta disposição seja acoplada ao dispositivo de avaliação.

### [0037]

<sup>310</sup> Tal arranjo de elementos sensores oferece redundância no projeto.

<sup>311</sup> Porque mesmo se em uma das duas pluralidades de elementos sensores conectados em série um defeito z.

<sup>313</sup> B. ocorrer um elemento sensor ou uma conexão entre dois elementos sensores, o que leva a uma interrupção do circuito, a pluralidade restante de elementos sensores conectados em série ainda pode ser usada para medir o nível de líquido.

<sup>316</sup> Portanto, a segurança e a confiabilidade do arranjo são aumentadas.

### [0038]

<sup>320</sup> Neste caso, o dispositivo de avaliação é configurado, por exemplo, para detectar automaticamente um defeito e avaliar medições futuras com base na presença de apenas uma conexão em série de elementos sensores.

### [0039]

<sup>326</sup> Em princípio, também é concebível usar mais de dois desses circuitos em série de elementos sensores para alcançar uma confiabilidade ainda maior.

### [0040]

<sup>331</sup> De acordo com uma outra forma de realização do dispositivo de medição, está previsto que

pelo menos dois elementos sensores sejam conectados eletricamente um ao outro em paralelo e formem um grupo.

- 334 Uma pluralidade de tais grupos é conectada eletricamente em um circuito em série e os grupos são dispostos em um caminho entre o primeiro e o segundo elementos sensores.
- 336 Este arranjo é conectado eletricamente ao dispositivo de avaliação.

#### [0041]

- 340 Tal arranjo de elementos sensores corresponde a um arranjo redundante.
- 341 Ao conectar dois elementos sensores em paralelo, o arranjo de medição permanece funcional, mesmo que ocorra um defeito em cada grupo.

#### [0042]

- 346 Além disso, esta disposição torna possível alcançar maior precisão de medição ao dispor os elementos sensores de cada grupo ligeiramente deslocados uns dos outros.
- 348 Para isso, os dois caminhos podem, por exemplo, correr em paralelo.

#### [0043]

- 352 Um outro aspecto da invenção é um recipiente para receber um fluido com o dispositivo de medição para medir um nível de líquido, em particular de acordo com uma das modalidades descritas acima ou abaixo.
- 355 O recipiente é concebido em particular para conter ar liquefeito e/ou gasoso, azoto liquefeito e/ou gasoso, oxigênio liquefeito e/ou gasoso, dióxido de carbono liquefeito e/ou gasoso e/ou um gás inerte liquefeito e/ou gasoso.
- 358 Em modalidades, o recipiente é um elemento de uma planta de liquefação de gás ou separação de ar, que pelo menos parcialmente ou às vezes tem um fluido com um nível de líquido.

#### [0044]

- 364 O recipiente criogênico é em particular uma coluna, uma passagem, uma seção de troca de calor ou um tanque para líquidos criogênicos.
- 366 Por exemplo, oxigênio liquefeito, nitrogênio ou argônio são usados como líquidos criogênicos em temperaturas entre -180°C e -160°C.

#### [0045]

- 371 Tal recipiente é vantajosamente vedado para que o fluido não possa escapar.
- 372 O recipiente é então equipado com um dispositivo de retirada que permite que o fluido seja retirado do recipiente. Tal recipiente deve suportar alta pressão interna e grandes flutuações



de temperatura. Tais recipientes são, por exemplo, os recipientes da série LITS 2 da Linde.

#### [0046]

<sup>378</sup> Os elementos do dispositivo de medição que estão dispostos dentro do recipiente e estão em contato com o fluido são preferencialmente isentos de compostos orgânicos.

<sup>380</sup> Isso torna possível usar o dispositivo de medição em um recipiente com oxigênio como fluido. Em particular, blindagens ou encapsulamentos podem ser fornecidos de modo que nenhum componente orgânico entre em contato direto com o fluido.

#### [0047]

<sup>386</sup> De acordo com uma modalidade, pelo menos dois, de preferência três, dispositivos de medição, em particular de acordo com uma das modalidades descritas acima ou abaixo, são dispostos no recipiente.

<sup>389</sup> Os arranjos de medição são dispostos um em relação ao outro, em particular de tal maneira que uma inclinação do nível do líquido em relação ao recipiente possa ser determinada. A este respeito, o dispositivo de avaliação é configurado para realizar uma medição diferencial.

#### [0048]

<sup>395</sup> Um plano é definido determinando o nível do líquido em três pontos, por exemplo, com os três pontos sendo dados pela posição do nível do líquido nas localizações dos respectivos elementos sensores dos arranjos de medição.

<sup>398</sup> Este plano corresponde à interface líquido/gasoso do fluido no recipiente e, portanto, ao nível do líquido. A este respeito, é possível identificar o plano do nível do líquido no espaço.

#### [0049]

<sup>403</sup> Um outro aspecto da invenção refere-se a um método para operar um arranjo de medição para medir um nível de líquido de um fluido em um recipiente.

<sup>405</sup> O arranjo de medição inclui um primeiro elemento sensor, um segundo elemento sensor e outros elementos sensores, bem como um dispositivo de avaliação. O método compreende as etapas: ativar pelo menos uma seleção dos elementos sensores, determinar um valor de resistência da seleção ativada de elementos sensores e determinar o nível de líquido no recipiente em função de pelo menos dois valores de resistência de referência.

#### [0050]

<sup>413</sup> Este método permite determinar o nível de líquido de um fluido em um recipiente.

### [0051]

417 Controlar aqui significa, em particular, que uma tensão é aplicada à seleção dos elementos do sensor.

419 Esta tensão faz com que uma corrente flua através da seleção de elementos sensores, cuja corrente pode ser detectada pelo dispositivo de avaliação e é usada para determinar o valor de resistência da seleção de elementos sensores.

### [0052]

425 O nível de líquido pode ser determinado comparando dois valores de resistência de referência, com um primeiro valor de resistência de referência indicando um valor de resistência de um elemento sensor na fase líquida do fluido e um segundo valor de resistência de referência indicando um valor de resistência de um elemento sensor no fase gasosa do fluido.

### [0053]

432 De acordo com uma modalidade do método, isso também inclui pelo menos uma das etapas: ativar o primeiro elemento sensor para determinar um primeiro valor de resistência como um primeiro valor de resistência de referência e ativar o segundo elemento sensor para determinar um segundo valor de resistência como um segundo valor de resistência de referência.

### [0054]

440 Essas duas etapas do método também podem ser referidas coletivamente como calibração do arranjo de medição.

### [0055]

445 Esta modalidade é particularmente vantajosa, pois a operação do dispositivo de medição está, portanto, sempre correlacionada com as condições operacionais atuais e, portanto, independente de uma possível dependência dos valores de resistência nas condições operacionais.

449 Por exemplo, o valor da resistência dos elementos do sensor geralmente depende da temperatura absoluta.

451 Como isso não é constante, ainda pode ser levado em consideração em uma avaliação.

452 Se um arranjo de medição for operado sem tal calibração, a temperatura atual também teria que ser medida e disponibilizada como um parâmetro do dispositivo de avaliação.

454 Além disso, as características de temperatura dos elementos sensores usados devem estar disponíveis.

456 Este esforço adicional pode ser economizado por uma calibração.

#### [0056]

- <sup>460</sup> Além deste exemplo, a calibração leva em consideração automaticamente todos os fatores que influenciam o comportamento dos resistores.
- <sup>462</sup> Outros fatores de influência possíveis são, em particular, a pressão e o tipo de fluido.

#### [0057]

- <sup>466</sup> De acordo com outra modalidade do método, se o arranjo de medição tiver adicionalmente um dispositivo de memória, isso também compreende as etapas: determinar um primeiro valor de resistência coletiva em um primeiro ponto no tempo; armazenar o primeiro valor de resistência de coleta por meio do dispositivo de armazenamento; determinar um segundo valor de resistência de coleta em um segundo momento posterior; e comparar o primeiro valor de resistência de coleta armazenado com o segundo valor de resistência de coleta.

#### [0058]

- <sup>475</sup> Este método pode ser usado vantajosamente para determinar se um defeito no arranjo de medição, em particular na conexão elétrica dos outros elementos sensores ou em um dos elementos sensores, ocorreu no tempo entre as duas medições.

#### [0059]

- <sup>481</sup> O dispositivo de avaliação é preferencialmente configurado para realizar um método de medição conforme descrito acima e abaixo.

#### [0060]

- <sup>486</sup> Outras implementações possíveis do dispositivo e/ou do método também incluem combinações de características ou modalidades descritas acima ou abaixo em relação às modalidades exemplares que não são explicitamente mencionadas.
- <sup>489</sup> O versado na técnica também adicionará aspectos individuais como melhorias ou acréscimos à respectiva forma básica do dispositivo e/ou do método.

#### [0061]

- <sup>494</sup> Outras configurações e aspectos vantajosos do dispositivo e/ou do método são objeto das reivindicações dependentes e das modalidades exemplares do dispositivo e/ou do método descritos abaixo.
- <sup>497</sup> O dispositivo e/ou o método são explicados em mais detalhes abaixo com base nas modalidades preferidas com referência às figuras anexas.
- <sup>499</sup> 1 mostra uma representação esquemática de um recipiente com uma primeira forma de

- realização de um dispositivo de medição para medir um nível de líquido no recipiente;
- 501 2 mostra um diagrama de blocos esquemático da primeira forma de realização do dispositivo de medição;
- 503 3 mostra um diagrama de blocos esquemático de uma segunda forma de realização do dispositivo de medição;
- 505 4 mostra um diagrama de blocos esquemático de uma terceira forma de realização do dispositivo de medição;
- 507 5 mostra um diagrama de blocos esquemático de uma quarta modalidade do dispositivo de medição;
- 509 6 mostra um diagrama de blocos esquemático de uma quinta modalidade do dispositivo de medição;
- 511 7 mostra uma representação esquemática de um recipiente com uma sexta forma de realização de um dispositivo de medição para medir um nível de líquido no recipiente;
- 513 A figura 8 mostra um diagrama esquemático de uma curva de medição de um nível de líquido em um recipiente, determinado usando um dispositivo de medição de acordo com uma das figuras 1 a 7; e
- 516 A figura 9 mostra um diagrama de blocos esquemático para o curso de um método para operar um dispositivo de medição de acordo com uma das figuras 1 a 7 para determinar o nível de líquido em um recipiente.

## [0062]

- 522 Os elementos que são iguais ou têm a mesma função são fornecidos com os mesmos símbolos de referência nas figuras, salvo indicação em contrário.

## [0063]

- 527 A Fig. 1 mostra uma representação esquemática de um recipiente 10 com uma primeira modalidade de um arranjo de medição 101 para medir um nível de líquido 11 no recipiente 10.
- 529 O arranjo de medição 101 da Fig. 1 compreende um primeiro elemento sensor 1, um segundo elemento sensor 2 e outros elementos sensores 3.
- 531 Os elementos sensores 1, 2, 3 são fixados em um substrato 6 adequado.
- 532 Além disso, possui um dispositivo de avaliação 4 com um dispositivo de memória 5 .
- 533 O arranjo de medição 101 é circundado por uma caixa tracejada na figura 1 para mostrar claramente a associação estrutural dos elementos.
- 535 Os elementos sensores 1, 2, 3 fixados no substrato 6 estão dispostos no recipiente 10.
- 536 O dispositivo de avaliação 4 está disposto fora do recipiente 10.
- 537 O recipiente 10 é preenchido com um fluido.
- 538 O fluido tem uma fase líquida 12 e uma fase gasosa 13, estando as duas fases separadas pelo nível líquido 11.

## [0064]

- 543 Os elementos sensores 1, 2, 3 incluem, por exemplo, resistores, diodos, diodos emissores de luz e/ou como sensores de temperatura.
- 545 O primeiro elemento sensor 1 e o segundo elemento sensor 2 são mostrados como um losango, os outros elementos sensores 3 são mostrados como círculos.
- 547 Esta diferenciação do primeiro e do segundo elemento sensor 1, 2 dos outros elementos sensores 3 destina-se a indicar que o primeiro e o segundo elemento sensor 1, 2 podem ser ativados individualmente pelo dispositivo de avaliação 4.
- 550 Todos os elementos sensores 1, 2, 3 são preferencialmente elementos sensores 1, 2, 3 do mesmo tipo, de modo que pode ser assumido que o comportamento será o mesmo, em particular no que diz respeito à dependência da temperatura dos valores de resistência.
- 553 Os outros elementos sensores 3 são conectados uns aos outros.
- 554 Todos os elementos sensores 1, 2, 3 são acoplados ao dispositivo de avaliação 4.
- 555 O acoplamento no exemplo da figura 1 é realizado galvanicamente.
- 556 A disposição e a ligação elétrica dos elementos sensores 1, 2, 3 são apenas indicadas na figura 1 e não representam uma disposição real.
- 558 Modalidades exemplares concretas disso são mostradas nas FIGS. 2-6.

## [0065]

- 562 O primeiro elemento sensor 1 está disposto sobre uma base do recipiente 10 de modo que quando o recipiente 10 é usado conforme pretendido, o fluido está sempre presente lá como um líquido 12 até que o recipiente 10 tenha sido completamente esvaziado.
- 565 Correspondentemente, o segundo elemento sensor 2 é disposto em uma tampa do recipiente 10 de modo que, quando o recipiente 10 é usado conforme pretendido, o fluido está sempre presente lá como gás 13 até que o recipiente 10 esteja completamente cheio.
- 568 Os outros elementos sensores 3 estão dispostos entre os elementos sensores 1, 2 de tal forma que abrangem toda a altura do recipiente 10.
- 570 O nível de líquido 11 estará, portanto, sempre na área dos outros elementos sensores 3 quando o recipiente 10 for usado conforme pretendido.

## [0066]

- 575 Cada um dos elementos sensores 1, 2, 3 tem um valor de resistência intrínseca dependente da temperatura  $R_i$ .
- 577 Se uma característica de temperatura do tipo de elementos sensores 1, 2, 3 usados for conhecida, uma temperatura pode, portanto, ser inferida a partir de um valor de resistência medido.
- 580 Além disso, os elementos sensores 1, 2, 3 aquecem quando uma corrente flui através deles, o que resulta em uma mudança no valor da resistência  $R_i$  de acordo com a característica de temperatura.
- 583 A extensão do aquecimento depende em particular de um contato térmico dos elementos

sensores 1, 2, 3 com o fluido circundante.

585 No presente caso, isso também é referido como resfriamento pelo fluido.

586 É de grande importância aqui se o fluido que envolve um elemento sensor 1, 2, 3 é líquido 12 ou gasoso 13, resfriando-se mais fortemente na fase líquida 12 do que na fase gasosa 13.

588 O resultado disso é que aqueles elementos sensores 1, 2, 3 que estão na fase gasosa 13 podem aquecer mais.

590 Com um fluxo de corrente constante e em equilíbrio térmico, estes terão, portanto, um valor de resistência  $R_g$  diferente de um valor de resistência  $R_f$  daqueles elementos sensores 1, 2, 3 que estão na fase líquida 12 .

#### [0067]

596 Particularmente adequados são os elementos sensores 1, 2, 3 que têm uma dependência de temperatura muito forte, uma vez que o sinal de medição cobre uma grande faixa dinâmica e, portanto, uma alta precisão de medição pode ser alcançada.

#### [0068]

602 O dispositivo 4 de avaliação é configurado para determinar um valor de resistência respectivo do primeiro elemento 1 sensor, do segundo elemento 2 sensor e dos demais elementos 3 sensores.

605 O valor de resistência do primeiro elemento sensor 1 corresponde ao valor de resistência  $R_f$  na fase líquida 12.

607 O valor de resistência do segundo elemento sensor 2 corresponde ao valor de resistência  $R_g$  na fase gasosa 13.

609 O valor de resistência dos outros elementos sensores 3 corresponde a um valor de resistência coletivo  $R_3$ , que depende da fiação dos elementos sensores 3 entre si e do nível de líquido 11.

#### [0069]

615 O dispositivo de avaliação 4 da figura 1 também possui um dispositivo de armazenamento 5 que é adequado para armazenar os valores de resistência  $R_f$ ,  $R_g$ ,  $R_3$  e disponibilizá-los para uso.

618 Em particular, o dispositivo de armazenamento 5 é configurado para armazenar valores de resistência de referência  $R_f$ ,  $R_g$ , os valores de resistência de referência  $R_f$ ,  $R_g$  podendo ser determinados atualmente pelo dispositivo de avaliação 4 em cada caso.

#### [0070]

624 Em uma modalidade, o dispositivo de memória 5 é adequado para armazenar uma sequência de tempo de valores de resistência  $R_f$ ,  $R_g$ ,  $R_3$  e para emití-los conforme necessário.

626 O dispositivo de memória 5 então armazena um carimbo de tempo com cada valor de  
resistência Rf, Rg, R3, que inclui o tempo quando o valor de resistência Rf, Rg, R3 foi medido.  
628 Uma mudança nos valores de resistência Rf, Rg, R3 ao longo do tempo também pode ser  
usada para indicar uma mudança no nível do líquido 11 ao longo do tempo e/ou nas  
condições operacionais, como um perfil de temperatura ao longo do tempo no recipiente 10 .

## [0071]

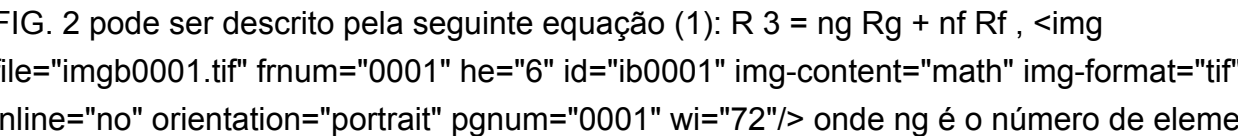
634 A Fig. 2 mostra um diagrama de blocos esquemático da primeira modalidade do arranjo de  
medição 101.  
636 A disposição de medição 101 compreende um primeiro elemento sensor 1, um segundo  
elemento sensor 2 e outros elementos sensores 3.  
638 Exatamente seis elementos sensores 3, 31 a 36 são mostrados na FIG.  
639 No entanto, isso deve ser entendido apenas como um exemplo; em geral, n elementos  
sensores 3 podem ser usados.  
641 Além disso, os outros elementos sensores 3 são mostrados espaçados uniformemente uns  
dos outros no exemplo.  
643 Outras disposições, em particular com uma distância diferente entre cada dois elementos  
sensores 3, são concebíveis.  
645 Isso também se aplica a todas as outras modalidades exemplares do arranjo de medição na  
Fig.  
647 3 - 6 .  
648 Além disso, o substrato 6 mostrado nas FIGS. 1 e 7 não é mostrado na FIG. 2 e FIGS. 3-6  
para uma melhor visão geral.

## [0072]

653 Além disso, o arranjo de medição 101 compreende um dispositivo de avaliação 4 acoplado aos  
elementos sensores 1, 2, 3.  
655 No exemplo da figura 2, os elementos sensores 1, 2, 3 são cada um galvanicamente  
acoplados ao dispositivo de avaliação 4 por meio das seções de fio V1, V2, V3 e VG.  
657 Em particular, o primeiro elemento 1 sensor e o segundo elemento 2 sensor podem ser  
controlados individualmente pelo dispositivo 4 de avaliação.  
659 O dispositivo de avaliação 4 controla os elementos sensores 1, 2, 3, em particular aplicando  
uma tensão nas extremidades das seções de fio V1, V2, V3, respectivamente.  
661 VGan.

## [0073]

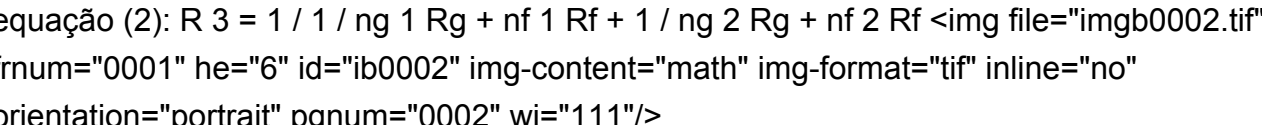
665 Na forma de realização do dispositivo de medição 101 da figura 2, os outros elementos  
sensores 3 estão ligados uns aos outros em série por meio das seções de fio V12 a V56.  
667 Isso significa que uma corrente deve fluir através de todos os elementos sensores 31-36.

- 668 Assim, quando o dispositivo de avaliação 4 controla os outros elementos sensores 3, é determinado um valor de resistência coletiva R3, que corresponde à resistência em série dos elementos sensores 3 conectados em série.
- 671 O valor de resistência coletiva R3 de acordo com a modalidade do arranjo de medição 101 da FIG. 2 pode ser descrito pela seguinte equação (1):  $R_3 = n_g R_g + n_f R_f$ ,  onde ng é o número de elementos sensores 3 que são na fase gasosa 13, nf o número de elementos sensores 3 que estão na fase líquida 12 e n=ng+nf é o número total de elementos sensores 3.
- 677 O nível de líquido 11 pode assim ser inferido a partir de uma medição do valor de resistência coletiva R3.

## [0074]

- 682 A Fig. 3 mostra um diagrama de blocos esquemático de uma segunda modalidade do arranjo de medição 102.
- 684 De acordo com uma das figuras 1 ou 7, o dispositivo de medição 102 da figura 3 pode ser utilizado em um recipiente 10 para a medição do nível de líquido 11 .
- 686 A disposição 102 de medição difere da disposição 101 de medição da figura 2 pelo facto de os outros elementos 3 sensores compreenderem uma primeira pluralidade M1 e uma segunda pluralidade M2 de elementos 3 sensores.
- 689 O restante da estrutura corresponde ao arranjo de medição 101 na Fig.

## 2

- 693 .
- 694 A primeira pluralidade M1 e a segunda pluralidade M2 são circundadas por uma caixa tracejada na figura 3 para esclarecer a associação estrutural.
- 696 Cada pluralidade M1, M2 de elementos sensores 3 forma uma conexão em série de elementos sensores 3.
- 698 Por razões de clareza, as designações dos elementos sensores individuais 3 e das seções de fio que os conectam foram suprimidas na figura 3.
- 700 No exemplo da figura 3, a primeira pluralidade M1 é conectada em paralelo com a segunda pluralidade M2.
- 702 Esta modalidade oferece um design redundante.
- 703 O dispositivo de avaliação 4 é configurado para determinar um valor de resistência coletiva R3, o valor de resistência coletiva R3 resultante da conexão paralela da primeira pluralidade M1 e da segunda pluralidade M2.
- 706 O valor da resistência coletiva R3 desta modalidade pode ser calculado com a seguinte equação (2):  $R_3 = 1 / (1 / n_{g1} R_{g1} + 1 / n_{f1} R_{f1} + 1 / n_{g2} R_{g2} + 1 / n_{f2} R_{f2})$  



## [0075]

<sup>713</sup> Aqui  $ng_1$ ,  $ng_2$  é o número de elementos sensores 3 da primeira pluralidade M1 ou segunda pluralidade M2 de elementos sensores 3 que estão na fase gasosa 13 e  $nf_1$ ,  $nf_2$  são o número de elementos sensores 3 da primeira pluralidade M1 ou segunda pluralidade M2 dos elementos sensores 3, que estão na fase líquida 12.

## [0076]

<sup>720</sup> Caso ocorra um defeito na primeira pluralidade M1 ou na segunda pluralidade M2 de elementos sensores 3, o dispositivo de medição 102 permanece funcional nesta modalidade específica porque pelo menos uma conexão em série dos elementos sensores 3 permanece intacta.

<sup>724</sup> Então o valor de resistência coletiva R3 pode ser determinado de acordo com a equação (1) na descrição da FIG.

## [0077]

<sup>729</sup> A Fig. 4 mostra um diagrama de blocos esquemático de uma terceira modalidade do arranjo de medição 103.

<sup>731</sup> De acordo com uma das figuras 1 ou 7, o dispositivo de medição 103 da figura 4 pode ser utilizado em um recipiente 10 para a medição do nível de líquido 11 .

<sup>733</sup> O arranjo de medição 103 difere do arranjo de medição 101 da FIG. 2 em que os outros elementos sensores 3 aqui incluem grupos 403 de dois elementos sensores 401, 402 cada, que juntos formam outros elementos sensores 404.

<sup>736</sup> A estrutura adicional do arranjo de medição 103 corresponde àquela do arranjo de medição 101 na Fig.

<sup>738</sup> 2 .

<sup>739</sup> Na FIG. 4, o grupo superior 403 é representado por uma caixa em torno dos elementos sensores 401, 402, que é representado por linhas tracejadas.

<sup>741</sup> Por motivos de clareza, os outros grupos 403 abaixo deste grupo 403 mostrados no topo não foram incluídos em tal caixa e os elementos sensores individuais não foram fornecidos com números de referência.

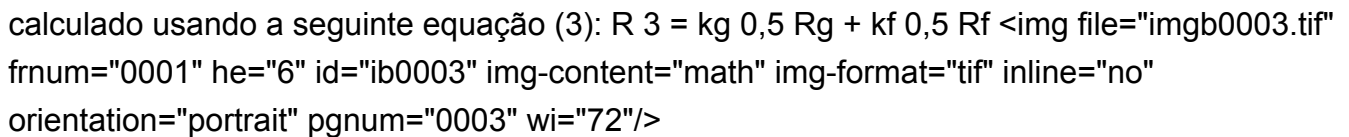
<sup>744</sup> Os elementos sensores 401, 402 são conectados em paralelo entre si por meio das seções de fio VP.

<sup>746</sup> Uma pluralidade 404 de tais grupos 403 é conectada em série.

<sup>747</sup> Os grupos 403 conectados em série são conectados em sua totalidade 404 em paralelo ao dispositivo 4 de avaliação e podem ser controlados pelo dispositivo 4 de avaliação.

<sup>749</sup> Esta estrutura permite redundância aprimorada do arranjo de medição 103, pois mesmo que ocorra um defeito em cada grupo 403, o arranjo de medição 103 permanece funcional.

<sup>751</sup> O valor de resistência coletiva R3 da pluralidade de grupos 403 conectados em série pode ser

calculado usando a seguinte equação (3):  $R_3 = k_g 0,5 R_g + k_f 0,5 R_f$  

#### [0078]

768 Aqui  $k_g$  é o número de grupos 403 que estão na fase gasosa 13 e  $k_f$  é o número de grupos 403 que estão na fase líquida 12.  $k=0,5$   $n=k_g+k_f$  é o número total de grupos 403 se cada grupo 403 for formado por exatamente dois elementos sensores 401, 402.

#### [0079]

764 A Fig. 5 mostra um diagrama de blocos esquemático de uma quarta modalidade do arranjo de medição 104.

766 De acordo com uma das figuras 1 ou 7, o dispositivo de medição 104 da figura 5 pode ser utilizado em um recipiente 10 para a medição do nível de líquido 11 .

768 O arranjo de medição 104 difere do arranjo de medição 103 da figura 4 em que os elementos sensores 401, 402 que formam um grupo 403 são deslocados um do outro.

770 A construção adicional do arranjo de medição 104 corresponde ao arranjo de medição 103 da Fig.

### 4

775 .

776 Como na figura 4, apenas o grupo 403 mostrado na parte superior é fornecido com números de referência para manter a ilustração simples.

778 No presente caso, "deslocamento um do outro" significa, em particular, que os elementos sensores 401, 402 não estão dispostos na mesma altura no recipiente 10.

780 Com esta disposição especial dos elementos sensores 401, 402, pode ser alcançada uma resolução melhorada ao medir o nível de líquido 11.

#### [0080]

785 A Fig. 6 mostra um diagrama de blocos esquemático de uma quinta modalidade do arranjo de medição 105.

787 De acordo com uma das figuras 1 ou 7, o dispositivo de medição 105 pode ser utilizado em um recipiente 10 para a medição do nível de líquido 11 .

789 A disposição de medição 105 difere da disposição de medição 101 da figura 2 pelo fato de que os outros elementos sensores 3, 31 a 36 podem ser controlados individualmente por meio das seções de fio V31 a V36 atribuídas a eles.

792 A estrutura adicional do arranjo de medição 105 corresponde àquela do arranjo de medição 101 na Fig.

794 2 .

795 O arranjo de medição 105 permite identificar claramente elementos sensores individuais 3 defeituosos e trocá-los, se necessário.

797 Além disso, isto permite vantajosamente, em particular na fase gasosa 13 do fluido, determinar um perfil de temperatura em função da altura no recipiente 10 se uma característica de temperatura dos elementos sensores 3 for conhecida.

## [0081]

803 A Fig. 7 mostra uma representação esquemática de um recipiente 10 com uma sexta modalidade de um arranjo de medição 106 para medir um nível de líquido 11 no recipiente 10.

805 Como na figura 1, os elementos sensores 1, 2, 3 são fixados em um substrato 6 e dispostos no recipiente 10.

807 Além disso, o dispositivo de medição 106 possui um dispositivo de avaliação 4 .

808 O acoplamento do dispositivo de avaliação 4 aos elementos sensores 1, 2, 3 é realizado capacitivamente 7 e/ou indutivamente 7 no arranjo de medição 106.

810 Isto tem a vantagem, em particular, de que uma seção de fio ou cabo para acoplamento galvânico do dispositivo de avaliação 4 aos elementos sensores 1, 2, 3 não precisa ser passado.

813 A disposição e a ligação elétrica dos elementos sensores 1, 2, 3 são indicadas apenas na figura 7 e não representam uma disposição real.

815 Modalidades exemplares concretas disso são mostradas nas FIGS. 2-6.

## [0082]

819 8 mostra um diagrama esquemático de uma curva de medição de um nível de líquido 11 em um recipiente 10 em função de um valor de resistência coletivo R3, determinado usando um arranjo de medição 101 a 106 de acordo com uma das FIGS. 1 a 7.

822 O gráfico inclui um eixo horizontal representando o nível de líquido 11 e um eixo vertical representando o valor de resistência de coleta R3.

824 Tal curva de medição pode ser medida, por exemplo, com uma das modalidades do arranjo de medição 101 a 106 de acordo com uma das FIGS. 2-6 em um arranjo em um recipiente 10 de acordo com uma das FIGS. 1 ou 6.

827 No exemplo da FIG. 8, quando o nível de líquido 11 do fluido no recipiente 10 é alto, há um baixo valor de resistência de coleta Ra, e quando o nível de líquido 11 do fluido no recipiente 10 é baixo, há um valor de resistência de coleta mais alto Rb. A relação dos valores de resistência Ra, Rb entre si depende dos elementos sensores 3 usados.

831 Em particular, há um valor menor de Ra em comparação com Rb quando os elementos sensores 3 são termistores, e há um valor maior de Ra em comparação com Rb quando os elementos sensores 3 são termistores.

834 Os termistores PTC são os elementos sensores 1, 2, 3 que têm um valor de resistência menor em uma temperatura mais baixa do que em uma temperatura mais alta.

836 Os termistores NTC são elementos sensores que têm um valor de resistência mais baixo em uma temperatura mais alta do que em uma temperatura mais baixa.

#### [0083]

841 Os dois valores de resistência são conectados com uma função degrau, com valores de resistência coletivos discretos  $R_a$ ,  $r_1$ - $r_4$ ,  $R_b$  correspondendo a um nível de líquido 11 de 0,  $f_1$ - $f_4$ , máx.

#### [0084]

847 A ocorrência desta função degrau pode ser descrita a seguir com uma modalidade do arranjo de medição 101 de acordo com a FIG. 2 e ao usar termistores PTC como elementos sensores 3: Quando o nível de líquido 11 é alto, todos os elementos sensores 3 são cercados pelo fase líquida 12 do fluido.

851 Portanto, resulta um valor de resistência coletiva  $R_3$  de  $R_3 = n R_f = R_b$ . Se o nível do líquido 11 cair abaixo do elemento sensor mais alto dos outros elementos sensores 3, o valor de resistência coletiva  $R_3$  aumenta em um valor que corresponde a uma diferença entre os valores de resistência  $R_f$ ,  $R_g$  no líquido e na fase gasosa 12, 13:  $R_3 = (n - 1)R_f + R_g = r_4$ .

855 Isso continua até que, em um nível mínimo de líquido 11, todos os elementos sensores 3 estejam na fase gasosa 13 e o valor da resistência coletiva seja  $R_3 = nR_g = R_a$ .

#### [0085]

860 No exemplo da figura 8, a função da escada é mostrada de forma muito clara.

861 Em um caso de uso real, a função da escada não será tão clara.

862 Em particular, uma gradação mais fina pode ser obtida por uma disposição específica dos elementos sensores 3, como mostrado por exemplo na FIG.

864 Além disso, um acoplamento térmico dos elementos sensores 3 ao fluido também será dado por meio do substrato 6 e da fiação V1-VG.

#### [0086]

869 A Fig. 9 mostra um diagrama de blocos esquemático para o curso de um método para operar um arranjo de medição 101 - 106 de acordo com uma das Figs.

871 1 - 8 .

872 O processo envolve várias etapas.

873 Na etapa 901, o dispositivo de avaliação 4 controla pelo menos uma seleção dos elementos sensores 1, 2, 3 com uma tensão.

875 Isso resulta em um fluxo de corrente através da seleção controlada dos elementos sensores 1, 2, 3.

877 Na etapa 902, o dispositivo de avaliação 4 determina um valor de resistência da seleção

selecionada dos elementos sensores 1, 2, 3.

879 Na etapa 803, o dispositivo de avaliação 4 determina o nível de líquido 11 no recipiente 10.

880 O dispositivo de avaliação 4 consegue isso em particular comparando o valor de resistência determinado na etapa 902 com valores de resistência de referência Rf, Rg, sendo possível para os valores de resistência de referência Rf, Rg serem armazenados em um dispositivo de armazenamento 5 .

#### [0087]

887 Além das etapas mencionadas, o método pode incluir uma etapa adicional na qual o valor de resistência do primeiro elemento sensor 1 e/ou do segundo elemento sensor 2 é determinado como o valor de resistência de referência Rf, Rg.

#### [0088]

893 Além das etapas mencionadas, o método pode incluir uma etapa adicional na qual um valor de resistência coletiva atualmente medido R3 é comparado com um valor de resistência coletiva R3 medido em um ponto anterior no tempo.

896 Tal comparação pode ser usada para determinar se um defeito no arranjo de medição 101 - 106, em particular na conexão elétrica dos outros elementos sensores 3, ocorreu no tempo decorrido entre as duas medições.

899 Lista de referência

#### [0089]

903 1

904 primeiro elemento sensor

905 2

906 segundo elemento sensor

907 3

908 outros elementos do sensor

909 31

910 outro elemento sensor

911 32

912 outro elemento sensor

913 33

914 outro elemento sensor

915 34

916 outro elemento sensor

917 35

918 outro elemento sensor

919 36

920 outro elemento sensor

921 4

922 dispositivo de avaliação

## 5

926 instalação de armazenamento

## 6

930 substrato

## 7

934 acoplamento capacitivo/indutivo

935 10

936 recipiente

937 11

938 nível de líquido

939 12

940 fase líquida

941 13

942 fase gasosa

943 101

944 Modalidade do arranjo de medição

945 102

946 Modalidade do arranjo de medição

947 103

948 Modalidade do arranjo de medição

949 104

950 Modalidade do arranjo de medição

951 105

952 Modalidade do arranjo de medição

953 106

954 Modalidade do arranjo de medição

955 401

956 elemento sensor

957 402

958 elemento sensor

959 403

960 Grupo de elementos sensores

961 404

962 Pluralidade de grupos de elementos sensores  
 963 901  
 964 Etapa do processo  
 965 902  
 966 Etapa do processo  
 967 903  
 968 Etapa do processo  
 969 f1  
 970 nível líquido 1  
 971 f2  
 972 nível líquido 2  
 973 f3  
 974 nível líquido 3  
 975 f4  
 976 nível líquido 4  
 977 k  
 978 Número de grupos de elementos sensores  
 979 M1  
 980 Pluralidade de outros elementos sensores  
 981 M2  
 982 Pluralidade de outros elementos sensores  
 983 n  
 984 número de outros elementos sensores  
 985 nf  
 986 Número de outros elementos sensores na fase líquida  
 987 ng  
 988 Número de outros elementos sensores na fase gasosa  
 989 r1  
 990 Valor de resistência coletiva no nível de líquido f4  
 991 r2  
 992 Valor de resistência coletiva no nível de líquido f3  
 993 r3  
 994 Valor de resistência coletiva no nível de líquido f2  
 995 r4  
 996 Valor de resistência coletiva no nível de líquido f1  
 997 Rá  
 998 Valor de resistência coletiva no nível de líquido 0  
 999 Rb  
 1000 Valor de resistência coletiva no nível de líquido Máx.  
 1001 RF  
 1002 Valor de resistência de um elemento sensor na fase líquida  
 1003 Rg

1004 Valor da resistência de um elemento sensor na fase gasosa  
1005  $r_i$   
1006 valor de resistência intrínseca dependente da temperatura de um elemento sensor  
1007 V1  
1008 seção de arame  
1009 V2  
1010 seção de arame  
1011 V3  
1012 seção de arame  
1013 V12  
1014 seção de arame  
1015 V23  
1016 seção de arame  
1017 V34  
1018 seção de arame  
1019 V45  
1020 seção de arame  
1021 V56  
1022 seção de arame  
1023 V31  
1024 seção de arame  
1025 V32  
1026 seção de arame  
1027 V33  
1028 seção de arame  
1029 V34  
1030 seção de arame  
1031 V35  
1032 seção de arame  
1033 V36  
1034 seção de arame  
1035 vice-presidente  
1036 seção de arame