



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 26 847 T2** 2006.06.29

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 990 128 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 26 847.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR99/00637**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 910 415.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/049288**

(86) PCT-Anmeldetag: **19.03.1999**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **30.09.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.04.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **24.08.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.06.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01L 9/04** (2006.01)  
**G01L 1/22** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**9803437**      **20.03.1998**      **FR**

(73) Patentinhaber:

**Snecma Propulsion Solide, Le Haillan, FR**

(74) Vertreter:

**Kreutzer, U., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 47051  
Duisburg**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**CH, DE, ES, FR, GB, LI**

(72) Erfinder:

**AVISSE, Jean-Bernard, F-33480 Castelnau de  
Medoc, FR**

(54) Bezeichnung: **DRUCKWANDLER MIT KOMPENSATION DER NICHTLINEARITÄT DER NULLDRIFT FÜR TIEFE  
TEMPERATUREN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Druckfühler vom Typ enthaltend Dehnungsmeßstreifen, die jeweils in den Zweigen einer Wheatstone-Brücke angeordnet sind.

**[0002]** Das Gebiet, um das es insbesondere geht, ist das der Druckfühler, die bei sehr niedrigen Temperaturen eingesetzt werden können, typischerweise bei Temperaturen, die unter der Siedetemperatur von Stickstoff liegen und bis auf einige Kelvin fallen können.

### Hintergrund der Erfindung

**[0003]** Ein wohl bekanntes Problem der Druckfühler mit in einer Wheatstone-Brücke angeordneten Dehnungsmeßstreifen ist das der Nulldrift der Brücke in Abhängigkeit von der Temperatur.

**[0004]** Um dieses Problem zu lösen, werden im allgemeinen Kompensationsnetze verwendet, die an die Eingänge und/oder Ausgänge der Brücke geschaltet sind. Diese Netze, die wenigstens ein temperaturempfindliches Element verwenden, werden üblicherweise ausgebildet, um eine Kompensation linearer Art zu vollziehen, wobei die Wärmedrift der Meßstreifen-Brücken in den üblichen Temperaturbereichen im wesentlichen linear ist.

**[0005]** Das Dokument JP-A-62 121 302 beschreibt eine Schaltung mit vier Meßstreifen, die in den Zweigen einer Wheatstone-Brücke angeordnet sind. In einer Spitze der Brücke sind zwei parallel angeordnete resistive Elemente vorgesehen, um die Drift der Brücke in Abhängigkeit von der Temperatur zu kompensieren.

**[0006]** Eine zusätzliche Schwierigkeit ergibt sich dann, wenn die Druckfühler bei sehr niedrigen Temperaturen eingesetzt werden. Denn die Wärmedrift der Meßstreifen-Brücken wird nichtlinear, und diese Nichtlinearität nimmt zu, wenn die Temperatur fällt. Dies ist anhand von [Fig. 1](#) veranschaulicht, welche die Entwicklung der Ausgangsspannung einer Brücke von durch Dünnschichtabscheidungen aus Nickel-Chrom auf einem Siliziumsubstrat gebildeten Meßstreifen in Abhängigkeit von der Temperatur zeigt, wobei die Brücke bei einer Temperatur von 22°C ausgeglichen ist (Ausgangsspannung null).

**[0007]** Die üblichen Kompensationsnetze werden unwirksam, und dies um so mehr, als die üblicherweise verwendeten Thermistoren oftmals einen Widerstand aufweisen, der extrem hoch, quasi unendlich wird, wenn die Temperatur unter -40°C oder -50°C fällt.

**[0008]** Die Aufgabe, welche die vorliegende Erfindung zu lösen bestrebt ist, besteht darin, die Nichtlinearität der Wärmedrift zu kompensieren und folglich darin, diese bei sehr niedrigen Temperaturen, insbesondere bei Temperaturen unter dem Siedepunkt von Stickstoff, d.h. bei Temperaturen von unter etwa -196°C zu „linearisieren“.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

**[0009]** Diese Aufgabe wird dank eines Druckfühlers gelöst, wie er in Patentanspruch 1 definiert ist.

**[0010]** Der Widerstand, zu dem die Kompensationsschaltung parallel geschaltet ist, hat einen Wert, der sehr viel geringer als derjenige des Dehnungsmeßstreifens ist, um die Größe des Betriebsbereichs und die Empfindlichkeit der Brücke nicht zu beeinträchtigen. Unter „sehr geringem Wert“ wird hier ein Wert verstanden, der geringer ist als 1/20, gar 1/100 oder weniger des Widerstands eines Dehnungsmeßstreifens.

**[0011]** Nach einem Merkmal des erfindungsgemäßen Druckfühlers ist die Kompensationsschaltung zu einem Widerstand, der von einem den Dehnungsmeßstreifen mit einer Spitze der Brücke verbindenden Verbindungsdraht gebildet ist, parallel geschaltet.

**[0012]** So ist keinerlei Änderung der Brücke erforderlich, um die Kompensationsschaltung einzubinden. Auf diese Weise werden Instabilitäten vermieden, die hervorgerufen werden könnten, wenn zu diesem Zweck eine Öffnung der Brücke erforderlich wäre.

**[0013]** Des weiteren kann die Schaltung zur Kompensation der Nichtlinearität auf diese Weise so nahe wie

möglich an der Brücke angeordnet, also exakt den gleichen Temperaturbedingungen wie die Brücke ausgesetzt werden.

**[0014]** Um die Nichtlinearität in dem Bereich sehr niedriger Temperaturen, d.h. diesseits von  $-196^{\circ}\text{C}$  zu kompensieren, muß das resistive Element der Kompensationsschaltung einen Widerstand aufweisen, der derart ist, daß er den des Widerstandes, zu dem es parallel geschaltet ist, beeinflußt, und dies in zunehmendem Maße, wenn die Temperatur sinkt. Zu diesem Zweck ist es vorzuziehen, daß das Verhältnis zwischen dem Widerstand des resistiven Elements und demjenigen des Widerstands, zu dem es parallel geschaltet ist, höchstens gleich 100 ist, wenn die Temperatur niedriger als  $-196^{\circ}\text{C}$  wird, und anschließend geringer wird, wenn die Temperatur sinkt. Ein solches resistives Element ist beispielsweise von einer Platinsonde gebildet.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0015]** In den beiliegenden Zeichnungen zeigen:

**[0016]** [Fig. 1](#) die Änderung der Nulldrift eines von einer Dehnungsmeßstreifen-Brücke gebildeten Druckfühlers in Abhängigkeit von der Temperatur, bei Ausbleiben einer Driftkompensation

**[0017]** [Fig. 2](#) ein Schaltschema einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Druckfühlers, und

**[0018]** [Fig. 3](#) die Änderung der Nulldrift des Druckfühlers der [Fig. 1](#) in Abhängigkeit von der Temperatur, wobei der Druckfühler mit einer Schaltung zur Kompensation der Nichtlinearität der Wärmedrift gemäß der Erfindung ausgestattet ist.

#### Detaillierte Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform

**[0019]** [Fig. 2](#) veranschaulicht das Schema eines Druckfühlers mit vier Dehnungsmeßstreifen J1, J2, J3, J4, die jeweils in den vier Zweigen einer Wheatstone-Brücke **10** eingefügt sind. Die Meßstreifen J1 bis J4 sind jeweils über Verbindungsdrähte c mit zwei angrenzenden Spitzen der Brücke verbunden.

**[0020]** Die Meßstreifen J1 bis J4 und die Verbindungsdrähte c sind von Metallabscheidungen auf einem Substrat, beispielsweise aus Silizium, gebildet, das zu dem Fühlelement des Fühlers gehört. In wohl bekannter Weise sind zwei in zwei gegenüberliegenden Zweigen der Brücke angeordnete Meßstreifen auf dem Substrat derart angeordnet, daß sie auf Dehnung beansprucht werden, wenn das Substrat einem zu messenden Druck unterworfen wird, während die zwei anderen Meßstreifen derart angeordnet sind, daß sie auf Druck beansprucht werden.

**[0021]** Die Meßstreifen J1 bis J4 sind beispielsweise von Nickel-Chrom-Abscheidungen gebildet, die so identisch wie möglich sind, während die Verbindungsdrähte c beispielsweise durch Goldabscheidungen gebildet sind, die ebenfalls so identisch wie möglich sind.

**[0022]** Die Abscheidungen werden als Dünnschicht, beispielsweise durch Vakuumspritzen hergestellt, wobei das Schließen der Brücke durch die hergestellten Abscheidungen vollzogen wird.

**[0023]** Zwei gegenüberliegende Spitzen +a und -a der Brücke sind mit Versorgungsanschlüssen +A und -A verbunden, während die zwei anderen Spitzen +m und -m mit Meßanschlüssen +M und -M verbunden sind. Zwischen den Spitzen +a, -a, +m, -m einerseits und den Anschlüssen +A, -A, +M, -M andererseits wird ein Kompensationsnetz **12** eingebunden. Ziel des Kompensationsnetzes **12** ist es, eine lineare Driftkompensation des Druckfühlers in Abhängigkeit von der Temperatur zu vollziehen. Es handelt sich um ein resistives Netz an sich wohl bekannten Typs, wie es beispielsweise in dem Dokument FR-A 2 613 833 beschrieben ist.

**[0024]** Eine Schaltung **20** zur Kompensation der Nichtlinearität der Nulldrift der Brücke ist zu einem Verbindungsdraht c parallel geschaltet, welcher einen der Meßstreifen der Brücke, beispielsweise den Meßstreifen J2, mit einer der zwei Spitzen der Brücke, beispielsweise der Spitze +m, welche sich an den Enden des den Meßstreifen enthaltenden Zweiges befindet, verbindet.

**[0025]** Die Kompensationsschaltung **20** umfaßt ein resistives Element P, dessen Widerstand in Abhängigkeit von der Temperatur, insbesondere in dem Bereich sehr niedriger Temperaturen, d.h. typischerweise der Temperaturen unterhalb des Siedepunkts von Stickstoff ( $-196^{\circ}\text{C}$ ), variabel ist. Ein Stellwiderstand R kann mit dem resistiven Element P in der Kompensationsschaltung in Serie geschaltet werden, um eine Einstellung der

durchgeführten Kompensation zu ermöglichen.

**[0026]** Die Parallelschaltung des resistiven Elements zu einem Bestandteil des Gesamtwiderstands eines Zweiges der Brücke ermöglicht, das Verhalten der Brücke auf nicht lineare Weise zu beeinflussen, also eine Kompensation der Nichtlinearität der Drift zu vollziehen. Wenn diese Nichtlinearität in dem Maße zunimmt, wie die Temperatur sinkt, muß der Einfluß des resistiven Elements  $P$  zunehmen, also sein Widerstand abnehmen, so daß das Verhältnis zwischen diesem Widerstand und dem eines Verbindungsdrahtes  $c$  höchstens gleich 100 wird, wenn die Temperatur unter  $-196^{\circ}\text{C}$  fällt, und geringer wird, wenn die Temperatur diesseits von  $-196^{\circ}\text{C}$  fällt. Es wird also ein resistives Element  $P$  verwendet, das einen positiven Temperaturkoeffizienten aufweist, beispielsweise eine Platinsonde.

**[0027]** Ein Druckfühler wie er in [Fig. 2](#) dargestellt ist wurde mit Dehnungsmeßstreifen realisiert, die von einer Dünnschichtabscheidung aus Nickel-Chrom gebildet sind, wobei jeder Meßstreifen einen Widerstand von 1 000  $\Omega$  bei Umgebungstemperatur ( $22^{\circ}\text{C}$ ) aufweist. Die Verbindungsdrähte  $c$  sind lineare Dünnschichtabscheidungen aus Gold mit jeweils einem Widerstand von 0,6  $\Omega$  bei  $22^{\circ}\text{C}$ .

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt die Entwicklung der an den Spitzen  $+m$ ,  $-m$  der Brücke aufgenommenen Spannung, wenn keine Beanspruchungen an dem Fühler vorliegen und bei Nichtvorhandensein des Kompensationsnetzes **12** und der Kompensationsschaltung **20**, wobei das Gleichgewicht der Brücke (Ausgangsspannung null) bei  $22^{\circ}\text{C}$  hergestellt wird.

**[0029]** Man stellt fest, daß die Nulldrift der Brücke, welche im wesentlichen durch die Meßstreifen bedingt ist, in dem Maße ausgeprägter wird, wie die Temperatur sinkt. Bis etwa  $-140^{\circ}\text{C}$  ist die Drift im wesentlichen linear. Zu niedrigeren Temperaturen hin wird die Nichtlinearität der Drift immer deutlicher.

**[0030]** Eine Kompensationsschaltung, die von einer Platinsonde  $P$  mit einem Widerstand gleich 100  $\Omega$  bei  $0^{\circ}\text{C}$  gebildet ist, welche mit einem Stellwiderstand  $R$  in Serie geschaltet ist, ist zu dem Goldverbindungsdraht parallel geschaltet, welcher den Meßstreifen  $J2$  mit der Spitze  $+m$  der Brücke verbindet.

**[0031]** Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die Werte der Widerstände eines Verbindungsdrahtes  $c$  und der Sonde  $P$ , wobei der Stellwiderstand  $R$  null ist, sowie des Ersatzwiderstandes des von  $P$  und  $c$  gebildeten Parallelkreises bei unterschiedlichen Temperaturen. Das Verhältnis zwischen den Widerständen der Sonde  $P$  und des Verbindungsdrahtes  $c$  reicht von etwa 47 bis etwa 7,9 zwischen  $-196^{\circ}\text{C}$  und  $-246^{\circ}\text{C}$ .

Tabelle 1 Entwicklung des Widerstandes ( $\Omega$ )

Temperatur/ Widerstand	$22^{\circ}\text{C}$	$-196^{\circ}\text{C}$	$-246^{\circ}\text{C}$
$\underline{c}$	0,6	0,426	0,383
$P$	108	20,21	3,04
$\underline{c}/P$	0,597	0,417	0,343

**[0032]** Das Einbinden der Kompensationsschaltung **20** kommt durch eine Nullpunktverschiebung der Brücke zum Ausdruck, eine Verschiebung, die zunimmt, wenn die Temperatur sinkt. Die nachfolgende Tabelle 2 gibt den Wert der Verschiebung  $\Delta Z$  an, die als Ausgangsspannung der Brücke gemessen wird, wobei die Meßstreifen nicht beansprucht sind (mit Meßstreifen von 800  $\Omega$  erzeugt eine Verschiebung von 6,4  $\Omega$  eines Meßstreifens eine Ausgangsspannung von 20 mV, wenn die Brücke unter 10 V gespeist wird). Die unterschiedlichen Verschiebungen  $\Delta Z$ , die in der Tabelle 2 angegeben sind, entsprechen verschiedenen Werten der Kompensationsschaltung und unterschiedlichen Temperaturen. Die Zeilen der Tabelle zeigen, daß die Verschiebung vermindert werden kann, indem der Wert von  $R$  erhöht wird oder verstärkt werden kann, indem der Wert von  $P$  verringert wird (indem beispielsweise zwei Sonden mit 100  $\Omega$  parallel angeordnet werden). Die Wahl der Kompensationsschaltung ist folglich eine Funktion des Grades der zu korrigierenden Nichtlinearität.

Tabelle 2 Nullpunktverschiebung der Brücke  $\Delta Z$  ( $\mu\text{V}$ )

Temperatur/ Kompensationsschaltung	22°C	-196°C	-246°C
$R = 0 + P$	9	28	125
$R = 1\Omega + P$	9	25	104
$R = 2\Omega + P$	9	23	84
$R = 5\Omega + P$	9	22	54
$R = 10\Omega + P$	9	19	34
$R = 0 + P//P$	20	54	241

[0033] **Fig. 3** zeigt die Entwicklung der zwischen den Spitzen +m, -m der Brücke erhaltenen Spannungen unter den gleichen Bedingungen wie für **Fig. 1**, nämlich keine Beanspruchungen an dem Fühler, Nullpunkt der Brücke bei 22°C und keine lineare Kompensation, jedoch mit unterschiedlichen Kompensationsschaltungen **20**, die einen mit zwei parallel geschalteten Sonden P in Serie geschalteten Widerstand R umfassen, wobei jede Sonde P eine Platinsonde mit einem Widerstand gleich 100  $\Omega$  bei 0°C ist.

[0034] Man stellt fest, daß im Vergleich zu der Kurve I, welche die Entwicklung der Nullpunktsdrift bei Nichtvorhandensein der Kompensationsschaltung **20** angibt, die Korrektur der Nichtlinearität um so deutlicher ist, je kleiner der Widerstand von R ist. In diesem Beispiel, bei  $R = 4\Omega$  und mit zwei parallel geschalteten Sonden P, ist die Nullpunktsdrift der Brücke bis zu sehr geringen Temperaturen (etwa -250°C) linearisiert. Durch Einwirken des Netzes zur linearen Kompensation **12** ist es nun möglich, die thermische Nullpunktsdrift der Brücke von der Umgebungstemperatur bis zu sehr niedrigen Temperaturen (einigen Kelvin) vollständig zu kompensieren.

[0035] Im vorhergehenden ist vorgesehen, eine Schaltung zur Kompensation der Nichtlinearität der Drift an einen der Verbindungsdrähte anzuschließen, der einen Dehnungsmeßstreifen von einem der Zweige der Brücke mit einer Spitze dieser Brücke verbindet. Um die gleiche Wirkung zu erzielen, kann in Betracht gezogen werden, eine Schaltung zur Kompensation der Nichtlinearität der Drift an den einen und/oder anderen der Verbindungsdrähte dieses Zweigs der Brücke und/oder an den einen und/oder anderen der Verbindungsdrähte des gegenüberliegenden Zweigs zu schalten.

[0036] Im Falle der **Fig. 1** entwickelt sich die Nichtlinearität in der gleichen Richtung wie die Komponente linearer Drift und verstärkt diese, sie könnte sich jedoch in anderen Fällen in die andere Richtung entwickeln. Entsprechend der Richtung dieser Entwicklung wird die Kompensationsschaltung entweder an den einen und/oder anderen von zwei gegenüberliegenden Zweigen der Brücke oder an den einen und/oder anderen der zwei anderen gegenüberliegenden Zweige der Brücke geschaltet.

### Patentansprüche

1. Druckfühler, welcher geeignet ist, in einem Bereich sehr niedriger Temperaturen, der bis zu Temperaturen von unter -196°C reicht, eingesetzt zu werden und welcher Dehnungsmeßstreifen (J1-J4), die jeweils in den Zweigen einer Wheatstone-Brücke (**10**) angeordnet sind, sowie Verbindungsdrähte (c) umfaßt, die jeden Dehnungsmeßstreifen mit zwei benachbarten Spitzen der Brücke verbinden und die Widerstandswerte aufweisen, welche sehr viel geringer sind als diejenigen der Dehnungsmeßstreifen, wobei die Dehnungsmeßstreifen (J1-J4) und die Verbindungsdrähte (c) von Metallabscheidungen auf einem Substrat gebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß außerdem eine Schaltung zur Kompensation der Nichtlinearität der Nulldrift der Brücke in dem genannten Bereich sehr niedriger Temperaturen vorgesehen ist, wobei die Kompensationsschaltung ein resistives Element (P) aufweist, das parallel zu einem Verbindungsdraht (c) zwischen einem Dehnungsmeßstreifen und einer Spitze der Brücke geschaltet ist und dessen Widerstand in Abhängigkeit von der Temperatur derart variiert, daß es einen deutlichen und zunehmenden Einfluß auf den Widerstandswert des Verbindungsdrahtes hat, zu dem es parallel geschaltet ist, wenn die Temperatur in dem genannten Bereich sehr niedriger Temperaturen sinkt.

2. Fühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsdrähte (c) aus Gold bestehen.

3. Fühler nach irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen dem Widerstand des resistiven Elements (P) und demjenigen des Widerstands (c), zu dem es parallel geschaltet ist, höchstens gleich 100 ist, wenn die Temperatur niedriger als  $-196^{\circ}\text{C}$  wird, und anschließend geringer wird, wenn die Temperatur abnimmt.

4. Fühler nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das resistive Element (P) von wenigstens einer Platinsonde gebildet ist.

5. Fühler nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte Kompensationsschaltung (**20**) einen Stellwiderstand (R) umfaßt, welcher mit dem resistiven Element (P) in Serie geschaltet ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

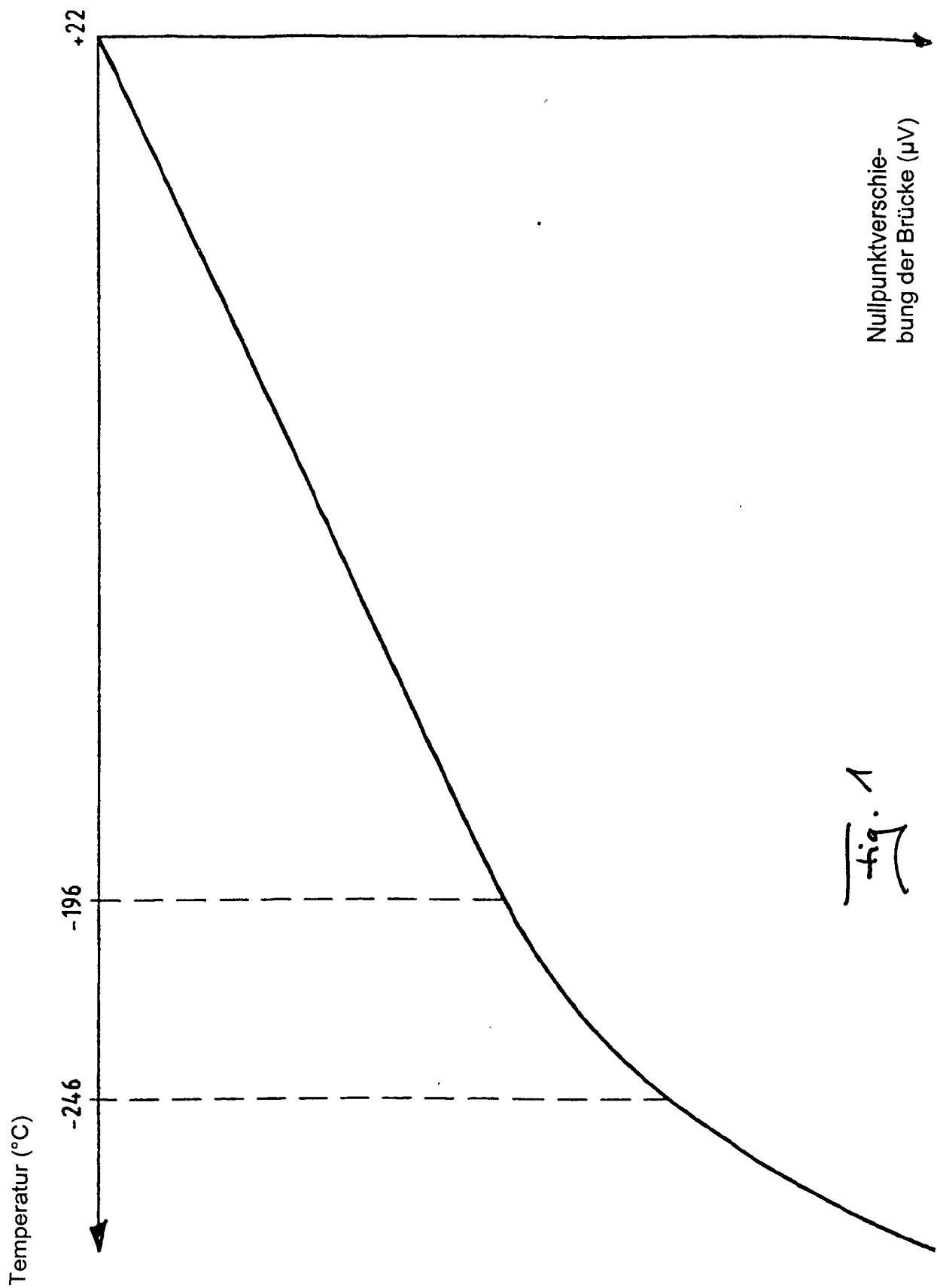


Fig. 2

