

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
26. Mai 2017 (26.05.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/084828 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*G01D 18/00* (2006.01) *G01K 15/00* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2016/075322
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
21. Oktober 2016 (21.10.2016)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2015 120 072.4  
19. November 2015 (19.11.2015) DE
- (71) **Anmelder:** **ENDRESS+HAUSER WETZER  
GMBH+CO. KG** [DE/DE]; Obere Wank 1, 87484  
Nesselwang (DE).
- (72) **Erfinder:** **HEITZ, Ulrich**; Lindenstr. 11, 64653 Lorsch  
(DE). **KOCH, Daniel**; Zaumberg 29, 87509 Immenstadt  
(DE). **STAHL, Marc**; Am Dorfbach 8, 87487  
Wiggensbach (DE).
- (74) **Anwalt:** **ANDRES, Angelika**; Endress+Hauser  
(Deutschland) AG+Co. KG, Colmarer Str. 6, 79576 Weil  
am Rhein (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,  
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,  
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,  
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,  
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**  
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

(54) **Title:** METHOD FOR THE IN SITU CALIBRATION OF AN ANALOG MEASUREMENT TRANSMISSION PATH, AND  
CORRESPONDING DEVICE

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUR IN-SITU KALIBRIERUNG EINER ANALOGEN MESSÜBERTRAGUNGSSTRECKE  
UND ENTSPRECHENDE VORRICHTUNG

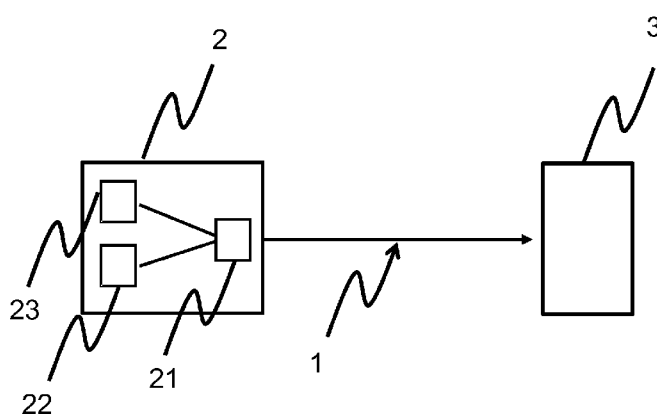


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for the in  
situ calibration of an analog measurement transmission path  
(1) while determining and/or monitoring a process variable of  
a medium. Analog electric signals are transmitted from a  
regulating/analysis unit (21) to a control unit (3) via the  
measurement transmission path (1), and the  
regulating/analysis unit (21) is paired with a sensor (2)  
which determines and/or monitors the process variable  
using at least one component (22) which is sensitive to the  
process variable. The sensor (2) is operated either in a  
measurement mode or in a simulation mode. In the  
measurement mode, the regulating/analysis unit (21)  
converts the measurement values of the at least one  
sensitive component (22) of the sensor (2) into an analog  
electric signal which represents the process variable. In the  
simulation mode, the regulating/analysis unit (21) outputs at  
least one analog electric signal which is clearly  
recognizable as being simulated and which is detected and  
captured by the control unit (3) for a set period of time, and  
the measurement transmission path (1) is calibrated,  
wherein the control unit (3) determines the deviation  
between the analog electric signal specified by the  
regulating/analysis unit (21) and the detected analog electric  
signal.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/084828 A1



---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur in-situ Kalibrierung einer analogen Messübertragungsstrecke (1) während der Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums, wobei über die Messübertragungsstrecke (1) analoge elektrische Signale von einer Regel-/Auswerteeinheit (21) zu einer Steuerungseinheit (3) übertragen werden, wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) einem Sensor (2) zugeordnet ist, der die Prozessgröße anhand mindestens einer für die Prozessgröße sensitiven Komponente (22) bestimmt und/oder überwacht, wobei der Sensor (2) entweder in einem Messmodus oder in einem Simulationsmodus betrieben wird, wobei im Messmodus die Regel-/Auswerteeinheit (21) die Messwerte der mindestens einen sensitiven Komponente (22) des Sensors (2) in ein die Prozessgröße repräsentierendes analoges elektrisches Signal umwandelt, wobei im Simulationsmodus die Regel-/Auswerteeinheit (21) für eine festgelegte Zeitspanne zumindest ein eindeutig als simuliert erkennbares analoges elektrisches Signal ausgibt, das von der Steuerungseinheit (3) erkannt und erfasst wird, und wobei im Simulationsmodus die Kalibrierung der Messübertragungsstrecke (1) vorgenommen wird, indem die Steuerungseinheit (3) die Abweichung zwischen dem von der Regel-/Auswerteeinheit (21) vorgegebenen analogen elektrischen Signal und dem erfassten analogen elektrischen Signal bestimmt.

## Verfahren zur in-situ Kalibrierung einer analogen Messübertragungsstrecke und entsprechende Vorrichtung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur in-situ Kalibrierung einer analogen  
5 Messübertragungsstrecke während der Bestimmung und/oder Überwachung einer  
Prozessgröße eines Mediums, wobei über die Messübertragungsstrecke analoge  
elektrische Signale von einer Regel-/Auswerteeinheit zu einer Steuerungseinheit  
übertragen werden. Die Regel-/Auswerteeinheit ist dabei einem Sensor zugeordnet. Der  
10 Sensor bestimmt und/oder überwacht die Prozessgröße anhand mindestens einer für die  
Prozessgröße sensitiven Komponente. Bei der Prozessgröße handelt es sich  
beispielsweise um die Temperatur, die Dichte, die Viskosität, den Druck, den Füllstand,  
den Durchfluss, die chemische Zusammensetzung, die Temperatur oder Analysedaten,  
wie den pH-Wert, die Trübung oder die Leitfähigkeit eines Mediums. Entsprechende  
15 Sensoren werden von der E+H Gruppe in unterschiedlichsten Ausgestaltungen  
angeboten und vertrieben. Bei dem Medium kann es sich beispielsweise um eine  
Flüssigkeit oder ein Gas handeln. Bei den analogen elektrischen Signalen handelt es sich  
beispielsweise um Ströme, Spannungen oder Kapazitäten.

20 Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung, deren Komponenten zur Ausführung des  
Verfahrens ausgestaltet sind.

Üblicherweise werden die Messwerte eines Sensors dem Anwender während des  
Betriebs über eine Kommunikationsinfrastruktur einer sich außerhalb des Sensors  
befindlichen Steuerungseinheit bereitgestellt. Dies wird beispielsweise durch eine  
25 drahtlose oder eine drahtgebundene digitale Kommunikationsinfrastruktur geleistet. In  
einer Vielzahl von Anwendungen in der Automatisierungstechnik erfolgt die  
Messwertübertragung und die Energieversorgung des Sensors über eine  
Zweidrahtleitung. Dies ist insbesondere in den Bereichen der Automatisierungstechnik  
von Bedeutung, in denen Einschränkungen an die dem Sensor zugeführte Energie  
30 vorliegen, was immer der Fall ist, wenn Sensoren in explosionsgefährdeten Bereichen  
eingesetzt werden.

Als elektrische Signale werden dabei Einheitssignale benutzt. Für Ströme existieren dabei  
nach der DIN IEC 60381-1 die standardisierten Messbereiche von 0-20mA und 4-20mA.  
35 Der Messbereich von 4-20mA hat dabei gegenüber dem 0-20mA Messbereich den  
Vorteil, dass eine Drahtüberwachung ermöglicht wird, da ein Signal von 0mA ein sicherer  
Hinweis auf eine Störung ist. In der Automatisierungstechnik hat sich daher der 4-20mA  
Standard etabliert. Zusätzlich zu dem Messbereich von 4-20mA existieren auch  
Standards für einen minimalen und maximalen Strom, bei dem ein Alarm ausgelöst wird.  
40 Nach der NAMUR Empfehlung NE43 wird unterhalb eines minimalen Stroms von 3,8mA  
und oberhalb eines maximalen Stroms von 20,5mA ein Fehleralarm ausgelöst.

Das Highway Addressable Remote Transducer (HART) Verfahren ist ein standardisiertes, weit verbreitetes digitales Kommunikationssystem, das auf den 4-20mA Standard zur Stromübertragung aufsetzt. Ein digitales Signal wird erzeugt, indem auf das analoge Signal eine hochfrequente Schwingung mit 1,2kHz und 2,2kHz aufmoduliert wird. Auch  
5 eine derartige HART Schnittstelle, welche die zusätzliche Übertragung digitaler Information über eine analoge Strom-Messübertragungsstrecke ermöglicht, ist in der Praxis nicht immer vorhanden.

In diesem Fall können zwischen dem Sensor und der Steuerungseinheit nur analoge  
10 elektrische Signale übertragen werden. Der Sensor besitzt eine Regel-/Auswerteeinheit, die die mindestens eine sensitive Komponente des Sensors ansteuert, den Messwert der mindestens einen sensitiven Komponente auswertet und ein die Prozessgröße repräsentierendes analoges elektrisches Signal erzeugt. Das analoge elektrische Signal wird dann über die analoge Messübertragungsstrecke der sich außerhalb des Sensors  
15 befindlichen Steuerungseinheit bereitgestellt. Die Steuerungseinheit ist zum Beispiel in einer Leitwarte angeordnet oder ist mit einer Leitwarte verbunden. Das elektrische Signal stammt dabei aus einem als Nutzbereich bezeichneten Wertebereich. Der Nutzbereich ist dabei so gewählt, dass er den im Prozess maximal und minimal angenommen Prozessgrößen entspricht.

20 Der Anwender parametriert die Messübertragungsstrecke dabei so, dass der für den Prozess gewählte Nutzbereich eine echte Teilmenge des standardisierten Messbereichs ist. Eine echte Teilmenge bedeutet, dass der Nutzbereich innerhalb des standardisierten Messbereichs liegt, es aber zusätzlich noch Bereiche des Messbereichs gibt, welche  
25 während des Prozesses nicht angenommen werden, da sie unterhalb bzw. oberhalb des Nutzbereichs liegen.

Da die analoge Messübertragungsstrecke während des Einsatzes eine Drift erfahren kann, ist oftmals eine periodische Re-Kalibrierung der analogen  
30 Messübertragungsstrecke notwendig. Hierbei wird die gesamte elektrische Schaltung, welche zur Übertragung der analogen elektrischen Signale genutzt wird, überprüft. Im Stand der Technik sind hierzu Verfahren bekannt, die simulierte elektrische Signale zur Kalibrierung benutzen. Beispielsweise vertreibt die Firma Fluke Calibration ein Gerät, das  
35 simulierte analoge elektrische Signale erzeugt, um damit eine Messübertragungsstrecke zu überprüfen und/oder zu kalibrieren. Diese Re-Kalibrierung ist mit einem Ausbau des Sensors verbunden und stellt daher einen großen Aufwand dar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung  
40 anzugeben, welche eine in-situ Kalibrierung der Messübertragungsstrecke ermöglichen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, indem der Sensor entweder in einem Messmodus oder in einem Simulationsmodus betrieben wird. Im Messmodus wandelt die Regel-/Auswerteeinheit die Messwerte der mindestens einen sensitiven Komponente des Sensors in das analoge elektrische Signal um. Im Simulationsmodus gibt die Regel-/Auswerteeinheit für eine festgelegte Zeitspanne zumindest ein eindeutig als simuliert erkennbares analoges elektrisches Signal aus, das von der Steuerungseinheit erkannt und erfasst wird. Im Simulationsmodus wird eine Kalibrierung der Messübertragungsstrecke vorgenommen, indem die Steuerungseinheit die Abweichung zwischen dem von der Regel-/Auswerteeinheit vorgegebenen analogen elektrischen Signal und dem erfassten analogen elektrischen Signals bestimmt. In einer Variante wird im Falle einer Abweichung das erfasste analoge elektrische Signal in der Steuerungseinheit noch zusätzlich entsprechend nachkorrigiert.

Der Kern der Erfindung ist also, dass der Sensor sowohl im Messmodus, als auch im Simulationsmodus betrieben werden kann und im Simulationsmodus die analoge Messübertragungsstrecke kalibriert wird. Dadurch muss der Sensor nicht mehr ausgebaut werden, um die Messübertragungsstrecke zu kalibrieren. Die in-situ Kalibrierung der analogen Messübertragungsstrecke wird durch eine geeignete Ausgestaltung der Steuerungseinheit und der Regel-/Auswerteeinheit des Sensors ermöglicht. Eine Kalibrierung der Messübertragungsstrecke kann dadurch realisiert und angezeigt werden, dass die Regel-/Auswerteeinheit für eine definierte Zeitspanne zumindest ein konstantes simuliertes analoges elektrische Signal an die Messübertragungsstrecke ausgibt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass mehrere simulierte konstante elektrische Signale nacheinander in bestimmten Zeitspannen ausgegeben werden. Die konstanten Signale unterscheiden sich in jeder bestimmten Zeitspanne um einen bestimmten Betrag von dem konstanten elektrischen Signal in der vorherigen Zeitspanne, beispielsweise um einen festen positiven Beitrag. Damit wird der standardisierte Messbereich der Messübertragungsstrecke in einem Rampenprofil abgedeckt. Das Rampenprofil ist dabei eine nicht stetige Signal-Zeit Funktion. Eine Variante sieht vor, den Messbereich durch eine streng monoton steigende Signal-Zeit Funktion abzudecken. Die Signal-Zeit Funktion kann zum Beispiel linear oder logarithmisch ist. Weitere mögliche Ausführungsformen für geeignete Signal-Zeit Funktionen, die den Messbereich abdecken, liegen der fachlich qualifizierten Person nahe.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass anhand des Simulationsmodus des Sensors über die analoge Messübertragungsstrecke zusätzliche Information über den Zustand des Sensors übertragen wird, welche innerhalb der Regel-/Auswerteeinheit des Sensors gewonnen wird, und in bekannten Verfahren nur über eine digitale Kommunikationsinfrastruktur oder mittels des HART Protokolls übertragen werden kann.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Abweichung zwischen dem von der Regel-/Auswerteeinheit vorgegebenen analogen elektrischen Signal und dem an der Steuerungseinheit erfassten analogen elektrischen Signal gespeichert. Dies ermöglicht beispielsweise die automatische Erstellung eines Kalibrierprotokolls zur Kalibrierung der Messübertragungsstrecke. Alternativ wird der Wert nicht in der Steuerungseinheit selber, sondern in einer separaten und mit der Steuerungseinheit verbundenen Speichereinheit gespeichert.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung kann der Simulationsmodus von der Regel-/Auswerteeinheit der Steuerungseinheit dadurch angezeigt werden, dass von der Regel-/Auswerteeinheit ein voreingestelltes Muster von analogen elektrischen Signalen auf die Messübertragungsstrecke ausgegeben wird. Die Signale stammen dabei aus einem fest definierten Wertebereich. Das voreingestellte Muster ist hierbei dadurch definiert, dass für definierte Zeitspannen Abfolgen von konstanten Strömen ausgegeben werden. Die Regel-/Auswerteeinheit des Sensors ist dabei so ausgestaltet, dass sie im Simulationsmodus das Muster ausgibt. Die Steuerungseinheit ist dabei so ausgestaltet, dass sie anhand des voreingestellten Musters von analogen elektrischen Signalen erkennt, dass der Sensor im Simulationsmodus betrieben wird.

In der Regel besitzen Messübertragungsstrecken, welche standardisierte Messbereiche verwenden, auch standardisierte Alarmgrenzen. Wird ein Signal an der Steuerungseinheit erfasst, welches kleiner als die untere standardisierte Alarmgrenze  $S_{\min}$  ist, wird also ein erster Alarm ausgelöst (Low Alarm). Wird ein Signal an der Steuerungseinheit erfasst, welches größer als die obere standardisierte Alarmgrenze  $S_{\max}$  ist, wird also ein davon verschiedener zweiter Alarm ausgelöst (High Alarm). In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Wertebereich der analogen elektrischen Signale, welcher zur Anzeige des Simulationsmodus verwendet wird, innerhalb des Bereichs  $[S_{\min}, S_{\max}]$  bzw. innerhalb der Alarmgrenzen der Messübertragungsstrecke. Werden 4-20mA Ströme und die NAMUR Empfehlung NE43 verwendet, ist der Bereich zur Anzeige des Simulationsmodus in dieser vorteilhaften Ausgestaltung also das Intervall zwischen 3,8mA und 20,5mA.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Wertebereich der analogen elektrischen Signale, welcher zur Anzeige des Simulationsmodus verwendet wird, so gewählt, dass er keine Überschneidung mit dem Nutzbereich besitzt. Da der Nutzbereich eine echte Teilmenge des Messbereichs ist, kann der ungenutzte Bereich des Bereichs  $[S_{\min}, S_{\max}]$  zur Anzeige des Simulationsmodus verwendet werden kann. In dieser vorteilhaften Ausgestaltung wird also genau der Bereich zur Anzeige des Simulationsmodus verwendet, der im Messmodus während der Messung der Prozessgröße nicht genutzt wird.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens vollzieht die Regel-/Auswerteeinheit des Sensors während der Messung der Prozessgröße automatisch einen Wechsel in den Simulationsmodus. Die Bedingung dafür ist, dass zumindest eine sensitive Komponente einen bestimmten Wert annimmt. Es ist also möglich, einen oder mehrere Werte für die Prozessgröße vorzugeben, bei dem/denen der Sensor in den Simulationsmodus wechselt. Eine Variante ist, dass die Bedingung für den Wechsel in den Simulationsmodus durch eine Kombination der Messwerte von mehreren sensitiven Komponenten definiert wird. Der/Die bestimmte/bestimmten Wert/Werte, bei dem/denen ein Wechsel in den Simulationsmodus ausgelöst wird, ist/sind dabei beispielsweise vom Anwender anhand eines oder mehrerer Parameter einstellbar.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Regel-/Auswerteeinheit in der Lage, im Simulationsmodus eine Gutmeldung, eine Warnungsmeldung und/oder eine Fehlermeldung über den Zustand des Sensors zu erstellen und über die Messübertragungsstrecke zu übertragen. Die Gutmeldung wird anhand eines ersten voreingestellten Musters von analogen elektrischen Signalen ausgegeben. Die Warnungsmeldung wird anhand eines zweiten, vom ersten Muster verschiedenen Musters von analogen elektrischen Signalen ausgegeben. Die Fehlermeldung wird anhand eines vom ersten und zweiten Muster verschiedenen, dritten voreingestellten Musters von analogen elektrischen Signalen ausgegeben. Die Gutmeldung, Warnungsmeldung und/oder Fehlermeldung wird über die Messübertragungsstrecke übermittelt. Die Steuerungseinheit erkennt anhand der empfangenen, voreingestellten und voneinander unterscheidbaren Muster, ob es sich um ein Gutmeldung, eine Warnungsmeldung, und/oder eine Fehlermeldung handelt. Der Bereich zur Anzeige der Gut- und Warnungsmeldung liegt dabei gerade innerhalb der Alarmgrenzen bzw. innerhalb des Wertebereichs  $[S_{\min}, S_{\max}]$ . Die analogen elektrischen Signale zur Anzeige der Fehlermeldung liegen außerhalb  $[S_{\min}, S_{\max}]$ . Die Gut- und/oder Warnungsmeldung kann dann in der Steuerungseinheit gespeichert werden bzw. in einer separaten, mit der Steuerungseinheit verbundenen Speichereinheit gespeichert werden.

In dieser vorteilhaften Ausgestaltung kann also im Simulationsmodus qualitative, den Sensor betreffende Information von der Regel-/Auswerteeinheit zur Steuerungseinheit übertragen werden. Die vorliegende Erfindung erlaubt die Übertragung zusätzlicher Information über die analoge Messübertragungsstrecke, ohne dafür eine HART Schnittstelle zu benötigen.

Es ist weiterhin zu bedenken, dass die mindestens eine sensitive Komponente des Sensors ihren Messwert auch im Simulationsmodus der Regel-/Auswerteeinheit übermittelt. Zwar übermittelt die Regel-/Auswerteeinheit im Simulationsmodus den Messwert nicht mehr über die Messübertragungsstrecke an die Steuerungseinheit weiter. Die Regel-/Auswerteeinheit ist aber auch im Simulationsmodus in der Lage, eine

Fehlermeldung auszulösen, falls die Messgrößen einer oder mehrerer sensitiver Komponenten des Sensors kritische Werte für die Prozessgröße über- und/oder unterschreitet. Diese kritischen Werte sind innerhalb der Regel-/Auswerteeinheit festlegt. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht also beispielsweise, gleichzeitig eine

5 Gutmeldung zu übertragen und parallel weiterhin die Prozessgröße zu überwachen, so dass auch im Simulationsmodus eine Warnungs- oder Fehlermeldung in der Regel-/Auswerteeinheit generiert wird. Es ist beispielsweise also möglich, eine Kalibrierung der Messübertragungsstrecke auszulösen, falls die temperatursensitive Komponente eine Temperatur von 120° C misst, und gleichzeitig während der Kalibrierung der

10 Messübertragungsstrecke von der Regel-/Auswerteeinheit überwachen zu lassen, dass die Temperatur von 120°C immer überschritten oder unterschritten ist. Die lückenlose Einhaltung einer Überwachungstemperatur ist für die hygienischen Anforderungen im Lebensmittel- und/oder Pharmaziebereich von großer Bedeutung. Das Verfahren der vorliegenden Anmeldung ermöglicht auch im Simulationsmodus eine lückenlose

15 Überwachung der Temperatur.

Eine Fehlermeldung des Sensors kann nur durch einen manuellen Eingriff am Sensor und/oder der Messübertragungsstrecke behoben werden. Im Gegensatz dazu sieht eine

20 Weiterbildung der Erfindung vor, dass der Sensor nach Ausgabe einer Gut- und/oder Warnungsmeldung wieder selbständig in den Messmodus versetzt wird.

Der Wechsel vom Betrieb des Sensors im Messmodus zum Betrieb des Sensor im Simulationsmodus zur in-situ Kalibrierung der Messübertragungsstrecke, sowie der

25 Rückwechsel vom Betrieb des Sensors im Simulationsmodus zum Betrieb des Sensors im Messmodus kann in der vorliegenden Erfindung also komplett automatisch erfolgen. Der Wechsel in den Simulationsmodus kann dadurch ausgelöst werden, dass zumindest eine sensitive Komponente einen Wert annimmt, und der Rückwechsel in den Messmodus folgt nach der Gut- und/oder Warnungsmeldung selbständig.

30 Zusätzlich dazu sieht eine weitere Weiterbildung vor, dass der Wechsel in den Simulationsmodus auch manuell erfolgen kann. Beispielsweise kann eine Spannungsunterbrechung den Wechsel in den Simulationsmodus und die in-situ Kalibrierung der Messübertragungsstrecke veranlassen. Da bei der Inbetriebnahme des Sensors eine Spannungsunterbrechung erfolgt, stellt dies eine besonders vorteilhaft

35 Weiterbildung dar, da somit die Kalibrierung der Messübertragungsstrecke einen Teil der Routine zur Inbetriebnahme des Sensors darstellt. Andere Möglichkeiten eines manuellen Eingriffs zum Wechsel in den Simulationsmodus sind das Auslösen eines am Sensor befindlichen Schalters.

40 Weiter ist eine kontaktlose Auslösung möglich, welche von außerhalb durch einen Magneten betätigt wird, beispielsweise durch ein Reed Relais oder eine Hall Sonde im

Sensor. Eine weitere Möglichkeit für eine kontaktlose Auslösung besteht weiter durch eine kurzreichweitige Funkverbindung mit dem Sensor, beispielsweise im Infrarotbereich, durch Bluetooth, oder durch Near-Field-Communication. Andere derartige manuelle kontaktlose Auslösungen liegen dem Fachmann nahe. Dabei muss der Sensor so  
5 ausgestaltet sein, dass er ein zusätzliches, zur kontaktlosen Auslösung befähigtes Gerät aufweist.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht damit also auch vor, dass der Anwender des Sensors bestimmen kann, ob der Wechsel in den Simulationsmodus automatisch oder  
10 durch einen manuellen Eingriff erfolgt.

Ferner beinhaltet die Erfindung eine Vorrichtung zur in-situ Kalibrierung einer analogen Messübertragungsstrecke während der Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums, wobei die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens  
15 ausgestaltet ist. Die Vorrichtung weist einen Sensor und eine Steuerungseinheit auf, wobei der Sensor mindestens eine sensitive Komponente und eine Regel-/Auswerteeinheit besitzt, und wobei die Regel-/Auswerteeinheit über die Messübertragungsstrecke mit der Steuerungseinheit verbunden ist.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung handelt es sich bei dem Sensor um ein Thermometer, wobei der Sensor eine temperatursensitive Komponente und ein Referenzelement aufweist, welches bei zumindest einem vorgegeben  
20 Temperaturpunkt eine Phasenumwandlung erfährt. Die Regel-/Auswerteeinheit kalibriert bei dem festen Temperaturpunkt die temperatursensitive Komponente anhand des Referenzelements, indem die Abweichung der ersten temperatursensitiven Komponente  
25 von dem durch das Referenzelement vorgegebenen Temperaturpunkt bestimmt wird. Ein derartiges in-situ kalibrierendes Thermometer ist in der DE 10 2010 040 039 offenbart. In dieser besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verursacht die Regel-/Auswerteeinheit einen Wechsel vom Messmodus in den Simulationsmodus, wenn der  
30 vorgegebene Temperaturpunkt durchlaufen wird.

Wird ein in-situ kalibrierendes Thermometer zusammen mit einer analogen Messübertragungsstrecke betrieben, muss die Messübertragungsstrecke im  
Langzeitbetrieb auch in regelmäßigen Intervallen kalibriert werden. Zur Kalibrierung der  
35 Messübertragungsstrecke muss das Thermometer dann wieder ausgebaut werden muss. Der technische Vorteil eines sich selbst kalibrierenden und validierenden Thermometers wäre bei der Verwendung einer analogen Messübertragungsstrecke damit wieder teilweise aufgehoben. Die vorliegende Anmeldung erlaubt also, sowohl eine in-situ Kalibrierung des Thermometers als auch eine in-situ Kalibrierung der analogen  
40 Messübertragungsstrecke durchzuführen. In dieser vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung ermöglicht die vorliegende Erfindung damit, alle technischen Vorteile des in-

situ kalibrierenden Thermometers auch dann vollständig zu realisieren, selbst wenn die dafür vorgesehene digitale Kommunikationsinfrastruktur oder HART Schnittstelle nicht vorhanden ist.

5 Insbesondere kann in dieser besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Simulationsmodus dazu genutzt werden, die bei der Kalibrierung der temperatursensitiven Komponente des Sensors gewonnene Information über die analoge Messübertragungsstrecke zu übertragen. Dabei wird in einer Weiterbildung im Simulationsmodus von der Regel-/Auswerteeinheit für eine festgelegte Zeit ein  
10 konstantes elektrisches Signal ausgegeben, welches der Abweichung der temperatursensitiven Komponente von dem durch das Referenzelement vorgegebenen Temperaturpunkt entspricht.

Der Anwender kann dabei, beispielsweise anhand eines Parameters bei Inbetriebnahme des Sensors, ein bestimmtes konstantes elektrisches Signal festlegen, bei dem die  
15 Abweichung der temperatursensitiven Komponente von dem durch das Referenzelement vorgegebenen Temperaturpunkt angezeigt wird. Die Steuerungseinheit erkennt somit anhand der Abweichung des von der Regel-/Auswerteeinheit ausgegebenen konstanten elektrischen Signals von dem festgelegten analogen elektrischen Signal sowie anhand  
20 der Parametrierung der Messübertragungsstrecke die Abweichung der temperatursensitiven Komponente von dem durch das Referenzelement vorgegebenen Temperaturpunkt.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird auch  
25 die Abweichung der temperatursensitiven Komponente von dem durch das Referenzelement vorgegebenen Temperaturpunkt nach der Übertragung über die Messübertragungsstrecke in der Steuerungseinheit gespeichert. Alternativ kann die Abweichung auch in einer separaten, mit der Steuerungseinheit verbundenen Speichereinheit gespeichert werden. Diese Weiterbildung ermöglicht auch die  
30 automatische Erstellung eines Kalibrierprotokolls zur Kalibrierung des Sensors. Dies beinhaltet auch ein gemeinsames Kalibrierprotokoll, welches die Kalibrierinformation für den Sensor und für die Messübertragungsstrecke enthält.

Im Gegensatz zu der in der DE 10 2010 040 039 beschriebenen Vorrichtung weist die  
35 Vorrichtung der Offenbarung DE 10 2009 058 282 einen Sensor mit zwei temperatursensitiven Komponenten auf, wobei die beiden temperatursensitiven Komponente kalibriert werden. Auch hier kann der Simulationsmodus des Sensors in einer zu der oben beschriebenen Vorrichtung naheliegenden Art und Weise verwendet werden. Insbesondere kann die Regel-/Auswerteeinheit des Sensors eine Drift der beiden  
40 temperatursensitiven Komponenten über die analoge Messübertragungsstrecke übertragen.

Im gleichen Maße lässt sich die Erfindung in naheliegender Weise auf weitere Sensoren verallgemeinern, die andere Prozessgrößen als die Temperatur messen. Erfolgt eine in-situ Kalibrierung des Sensors (beispielsweise durch die Verwendung mehrerer sensitiver Komponenten) und wird eine analoge Messübertragungsstrecke verwendet, so kann die vorliegende Erfindung mutatis mutandis auch auf derartige Vorrichtungen angewendet werden.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: eine schematische Darstellung gemäß einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 2: ein Rampenprofil, das zur Kalibrierung der Messübertragungsstrecke verwendet werden kann

Fig. 3: die verschiedenen Signalbereiche des analogen elektrischen Signals.

Fig. 1 zeigt die schematische Anordnung des Sensors 2, der Messübertragungsstrecke 1 und Steuerungseinheit 3, sowie die unterschiedlichen Sensorkomponenten. Der Sensor enthält dabei mindestens eine sensitive Komponente 22 und eine Regel-/Auswerteeinheit 21. Die Signalrichtung des analogen elektrischen Signals ist von der Regel-/Auswerteeinheit 21 über die Messübertragungsstrecke 1 zu der Steuerungseinheit 3 gerichtet.

In einer besonders bevorzugten Ausführung besteht die sensitive Komponente 22 aus einem Temperatursensor. Ein Referenzelement 23 wird zur Kalibrierung der ersten temperatursensitiven Komponente 22 benutzt. Die Kalibrierung des Sensors erfolgt an einem festen Temperaturpunkt, bei dem das Referenzelement 23 einen Phasenübergang erfährt. In diesem Ausführungsbeispiel kann dann der Simulationsmodus zur Kalibrierung der Messübertragungsstrecke 1 bevorzugt dadurch ausgelöst werden, dass der feste Temperaturpunkt zur Kalibrierung des Sensors 2 durchlaufen wurde. Es werden dann also hintereinander sowohl der Sensor 2, als auch die analoge Messübertragungsstrecke 1 kalibriert. Anschließend können die bei der Kalibrierung festgestellten Informationen jeweils für den Sensor 2 und die Messübertragungsstrecke 1 übertragen werden und in einzelnen und/oder gemeinsamen, automatisch erstellten Kalibrierprotokollen dokumentiert werden.

Fig. 2 zeigt ein Rampenprofil, wie es im Simulationsmodus zur Kalibration der Messübertragungsstrecke 1 in der Zeitspanne zwischen  $t_1$  und  $t_2$  verwendet werden könnte. Der Messbereich 5 wird dabei von  $S_a$  und  $S_c$  aufgespannt. Das Rampenprofil tastet den gesamten Messbereich 5 ab. Dies geschieht in dem gezeigten Beispiel

dadurch, dass für definierte Zeitspannen jeweils hintereinander konstante Signale  $S_a$ ,  $S_b$  und  $S_c$  von der Regel-/Auswerteeinheit 21 ausgegeben werden, wobei  $S_a$  kleiner als  $S_b$  und  $S_b$  kleiner als  $S_c$  ist. Da die Steuerungseinheit 3 so ausgestaltet ist, dass ihr das von der Regel-/Auswerteeinheit 21 ausgegebene Profil bekannt ist, kann die

5 Steuerungseinheit 3 die Messübertragungsstrecke kalibrieren. In einer Variante werden alle nachfolgenden Signale noch entsprechend nachkorrigiert

Wird die bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung mit einer temperatursensitiven Komponenten 22 und einem Referenzelement 23 ausgeführt, gibt die Regel-

10 /Auswerteeinheit 21 anschließend noch die Abweichung der ersten temperatursensitiven Komponente von dem durch das Referenzelement 23 vorgegebenen Temperaturpunkt aus. Dabei ist festgelegt, bei welchem Signal die Abweichung ausgegeben werden soll (gestrichelte Linie). Dieses festgelegte Signal kann dabei vom Anwender eingestellt werden. Eine Möglichkeit ist dabei, das Signal, an dem die Abweichung ausgegeben wird,

15 bei Inbetriebnahme des Sensors einzustellen. Der Anwender kann dafür zum Beispiel einen Parameter auf einen bestimmten Wert festsetzen. Die Steuerungseinheit kann die Abweichung  $\Delta S$  bestimmen und diese anhand der Parametrierung und der Kalibrierung der Messübertragungsstrecke anschließend in eine Temperaturdifferenz umrechnen. Die Temperaturdifferenz kann dann gespeichert und/oder in einem Kalibrierprotokoll hinterlegt

20 werden.

Fig. 3 zeigt die relevanten Signalbereiche des analogen elektrischen Signals und ihre Lage zueinander. Der Messbereich 5 ist in der Regel ein standardisierter Messbereich 5. Handelt es sich beim analogen elektrischen Signal um einen Strom, wird bevorzugt der

25 standardisierte Bereich von 4-20mA benutzt. Außerhalb des Messbereichs 5 liegen die standardisierten Alarmgrenzen  $S_{\min}=3,8\text{mA}$  und  $S_{\max}=20,5\text{mA}$ . Die Steuerungseinheit 3 löst einen ersten Alarm aus, wenn sie einen Strom erfasst, dessen Wert kleiner als 3,8mA ist, und einen vom ersten Alarm verschiedenen zweiten Alarm, wenn sie einen Strom erfasst, dessen Wert größer als 20,5mA ist. In einer Ausgestaltung der Erfindung kann

30 der Bereich zwischen 3,8mA und 20,5mA zur Anzeige des Simulationsmodus genutzt werden.

Der Nutzbereich 4 ist im Messbereich enthalten. Der Nutzbereich ist dabei so gewählt, dass er den im Prozess maximal und minimal angenommen Prozessgrößen entspricht. Er

35 ist eine echte Teilmenge des Messbereichs. Das bedeutet, dass es im Messbereich immer ungenutzte Bereiche gibt. Beispielsweise parametriert der standardisierte Strombereich von 4-20mA das Temperaturintervall von 50-180°C, in der Anwendung werden aber nur minimale Temperaturen von 80°C und maximale Temperaturen von 150°C erreicht. Daher gibt es einen im Messbereich enthaltenen ungenutzten

40 Signalbereich. Insbesondere ist der ungenutzte Signalbereich ein erster Signalbereich, der der Temperatur zwischen 50-80°C entspricht, und ein zweiter Signalbereich, der der

Temperatur zwischen 150-180°C entspricht. Dieser ungenutzte Signalbereich kann in der vorliegenden Anwendung bevorzugt zur Anzeige des Simulationsmodus genutzt werden. In bevorzugter Weise wird dabei die untere Schranke des ersten ungenutzten (unteren) Signalbereichs noch auf 3,8mA erweitert, und die obere Schranke des zweiten ungenutzten (oberen) Signalbereichs wird auf 20,5mA erweitert. Das Muster von Signalen zur Anzeige des Simulationsmodus ist dann bevorzugt so gewählt, dass abwechselnd Werte aus dem unteren und dem oberen ungenutzten Bereich von der Regel-/Auswerteeinheit ausgegeben werden. Die Idee ist hierbei, den Simulationsmodus dadurch eindeutig zu erkennen, dass eine Signalabfolge von der Regel-/Auswerteeinheit ausgegeben wird, die im Messmodus mit verschwindender Wahrscheinlichkeit vorkommt.

**Bezugszeichenliste**

	1	Messübertragungsstrecke
	2	Sensor
5	21	Regel-/Auswerteeinheit
	22	erste sensitive Komponente
	23	Referenzelement
	3	Steuerungseinheit
	4	Nutzbereich
10	5	Messbereich
	$S_{\min}$	minimales analoges elektrisches Signal
	$S_{\max}$	maximales analoges elektrisches Signal
	$\Delta S$	analoges elektrische Signal, welches der Abweichung der ersten temperatursensitiven Komponente von dem durch das Referenzelement vorgegebenen Temperaturpunkt entspricht
15		

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur in-situ Kalibrierung einer analogen Messübertragungsstrecke (1) während der Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums, wobei über die Messübertragungsstrecke (1) analoge elektrische Signale von einer Regel-/Auswerteeinheit (21) zu einer Steuerungseinheit (3) übertragen werden, wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) einem Sensor (2) zugeordnet ist, der die Prozessgröße anhand mindestens einer für die Prozessgröße sensitiven Komponente (22) bestimmt und/oder überwacht, wobei der Sensor (2) entweder in einem Messmodus oder in einem Simulationsmodus betrieben wird, wobei im Messmodus die Regel-/Auswerteeinheit (21) die Messwerte der mindestens einen sensitiven Komponente (22) des Sensors (2) in ein die Prozessgröße repräsentierendes analoges elektrisches Signal umwandelt, wobei im Simulationsmodus die Regel-/Auswerteeinheit (21) für eine festgelegte Zeitspanne zumindest ein eindeutig als simuliert erkennbares analoges elektrisches Signal ausgibt, das von der Steuerungseinheit (3) erkannt und erfasst wird, und wobei im Simulationsmodus die Kalibrierung der Messübertragungsstrecke (1) vorgenommen wird, indem die Steuerungseinheit (3) die Abweichung zwischen dem von der Regel-/Auswerteeinheit (21) vorgegebenen analogen elektrischen Signal und dem erfassten analogen elektrischen Signal bestimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei im Simulationsmodus die Abweichung zwischen dem von der Regel-/Auswerteeinheit (21) vorgegebenen analogen elektrischen Signal und dem an der Steuerungseinheit (3) erfassten analogen elektrischen Signal gespeichert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei im Simulationsmodus die Regel-/Auswerteeinheit (21) ein voreingestelltes Muster von analogen elektrischen Signalen aus einem fest definierten Wertebereich ausgibt, und wobei die Steuerungseinheit (3) anhand des voreingestellten Musters von analogen elektrischen Signalen erkennt, dass der Sensor (2) im Simulationsmodus betrieben wird.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Steuerungseinheit (3) einen ersten Alarm auslöst, falls sie ein Signal erfasst, dessen Wert kleiner als ein minimales analoges elektrisches Signal  $S_{\min}$  ist, wobei die Steuerungseinheit (3) einen vom ersten Alarm verschiedenen zweiten Alarm auslöst, falls sie ein Signal erfasst, dessen Wert größer als ein maximales analoges elektrisches Signal  $S_{\max}$  ist.

40

5. Verfahren nach Anspruch 3 und 4,  
wobei der fest definierte Wertebereich, welcher von der Regel-/Auswerteeinheit (21) zur Anzeige des Simulationsmodus genutzt wird, innerhalb des Bereichs  $[S_{\min}, S_{\max}]$  liegt.
- 5 6. Verfahren nach Anspruch 4 und 5,  
wobei die im Messmodus ausgegebenen analogen elektrischen Signale aus einem als Nutzbereich (4) bezeichneten Wertebereich stammen,  
wobei der Nutzbereich (4) so parametrisiert ist, dass er den im Prozess maximal und minimal angenommen Prozessgrößen entspricht,
- 10 wobei der Nutzbereich (4) eine echte Teilmenge von  $[S_{\min}, S_{\max}]$  ist,  
und wobei der Wertebereich, welcher von der Regel-/Auswerteeinheit (21) zur Anzeige des Simulationsmodus genutzt wird, keine Überschneidung mit dem Nutzbereich (4) besitzt.
- 15 7. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei ein Wechsel in den Simulationsmodus verursacht wird, wenn zumindest eine sensitive Komponente (22) des Sensors (2) mindestens einen festgelegten Wert annimmt.
- 20 8. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei im Simulationsmodus eine Gutmeldung, eine Warnungsmeldung und/oder eine Fehlermeldung über den Zustand des Sensors (2) ausgegeben wird,  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) im Falle einer Gutmeldung ein erstes voreingestelltes Muster von analogen elektrischen Signalen ausgibt,
- 25 wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) im Falle einer Warnungsmeldung ein vom ersten Muster verschiedenes zweites voreingestelltes Muster von analogen elektrischen Signalen ausgibt,  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) im Falle einer Fehlermeldung ein vom ersten und zweiten Muster verschiedenes drittes voreingestelltes Muster von analogen elektrischen
- 30 Signalen ausgibt,  
wobei die analogen elektrischen Signale zur Anzeige der Gut- und Warnungsmeldung im Wertebereich  $[S_{\min}, S_{\max}]$  liegen,  
und wobei die analogen elektrischen Signale zur Anzeige der Fehlermeldung außerhalb  $[S_{\min}, S_{\max}]$  liegen,
- 35 und wobei die Gut- und/oder Warnungsmeldung gespeichert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8,  
wobei der Sensor (2) nach der Ausgabe von Gut- und/oder Warnungsmeldung wieder in den Messmodus versetzt wird.

10. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei ein Wechsel in den Simulationsmodus manuell ausgelöst wird, vorzugsweise durch eine Spannungsunterbrechung des Sensors (2), durch die Betätigung eines Magnetschalters, und/oder durch Near Field Communication.

5

11. Vorrichtung zur in-situ Kalibrierung einer analogen Messübertragungsstrecke (1) während der Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums, wobei die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach zumindest einem der Ansprüche 1-10 ausgestaltet ist,

10

mit einem Sensor (2) und einer Steuerungseinheit,

wobei der Sensor (2) mindestens eine sensitive Komponente (22) und eine Regel-/Auswerteeinheit (21) aufweist,

und wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) über die Messübertragungsstrecke (1) mit der Steuerungseinheit (3) verbunden ist.

15

12. Vorrichtung nach Anspruch 11,

wobei der Sensor (2) eine temperatursensitive Komponente (22) und ein Referenzelement (23) aufweist, welches bei zumindest einem vorgegebenen Temperaturpunkt eine Phasenumwandlung erfährt,

20

wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) bei dem festen Temperaturpunkt die temperatursensitive Komponente (22) anhand des Referenzelements (23) kalibriert und die Abweichung der temperatursensitiven Komponente (22) von dem durch das Referenzelement (23) vorgegebenen Temperaturpunkt bestimmt,

25

und wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) einen Wechsel vom Messmodus in den Simulationsmodus verursacht, wenn das Referenzelement (23) den vorgegebenen Temperaturpunkt durchläuft

13. Vorrichtung nach Anspruch 12,

30

wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) im Simulationsmodus nach der Kalibrierung der temperatursensitiven Komponente (22) und der Messübertragungsstrecke (1) für eine festgelegte Zeit ein konstantes analoges elektrisches Signal ausgibt, welches der Abweichung der temperatursensitiven Komponente (22) von dem durch das Referenzelement (23) vorgegebenen Temperaturpunkt entspricht,

35

wobei die Steuerungseinheit (3) anhand der Abweichung  $\Delta S$  des von der Regel-/Auswerteeinheit (21) ausgegebenen konstanten elektrischen Signals von einem festgelegten analogen elektrischen Signal und anhand der Parametrierung der

Messübertragungsstrecke (1) die Abweichung der temperatursensitiven Komponente (22) von dem durch das Referenzelement (23) vorgegebenen Temperaturpunkt erkennt.

40

14. Vorrichtung nach Anspruch 13,  
wobei die Steuerungseinheit (3) im Simulationsmodus die Abweichung der  
temperatursensitiven Komponente (22) von dem durch das Referenzelement (23)  
vorgegebenen Temperaturpunkt speichert.

5

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14,  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) eine Gutmeldung erzeugt,  
falls die Abweichung der temperatursensitiven Komponente (22) von dem durch das  
Referenzelement (23) vorgegebenen Temperaturpunkt einen festgelegten Grenzwert  
unterschreitet,

10

und wobei die Regel-/Auswerteeinheit (21) eine Warnungsmeldung erzeugt,  
falls die Abweichung der temperatursensitiven Komponente (22) von dem durch das  
Referenzelement (23) vorgegebenen Temperaturpunkt einen festgelegten Grenzwert  
überschreitet.

15

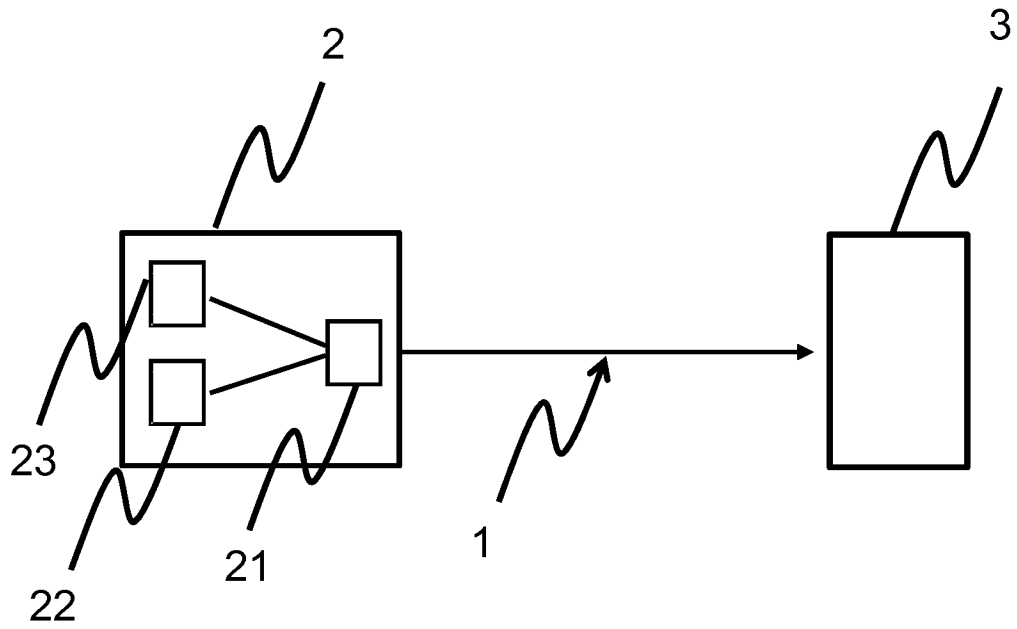


Fig. 1

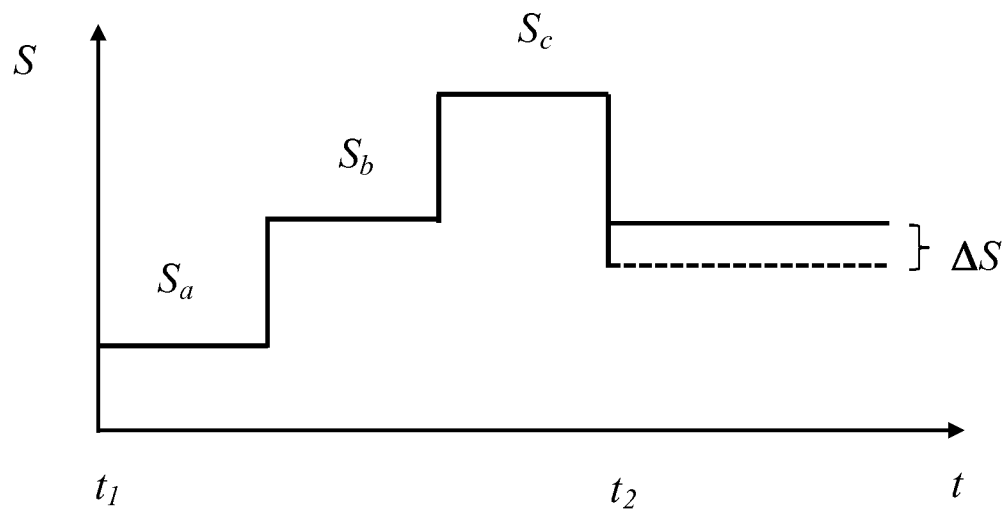


Fig. 2

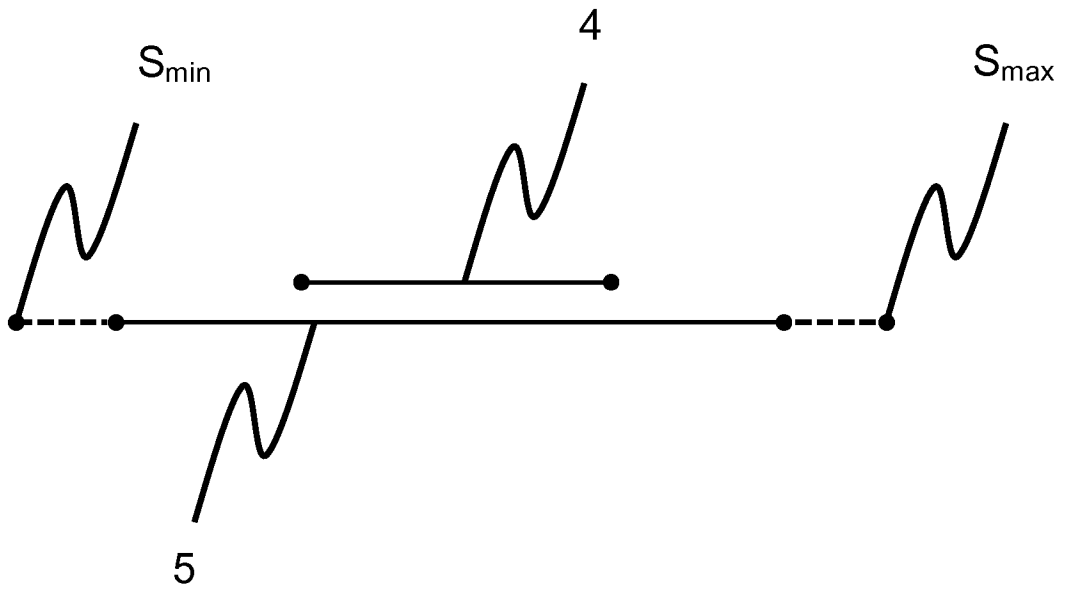


Fig. 3

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2016/075322

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. G01D18/00 G01K15/00  
 ADD.  
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 G01D G01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 532 601 A (LENDERKING BRUCE N [US] ET AL) 30 July 1985 (1985-07-30) column 2, line 40 - column 3, line 19; figure 1	1-15
A	DE 10 2011 107856 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 24 January 2013 (2013-01-24) paragraphs [0017], [0026]	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 December 2016

Date of mailing of the international search report

24/01/2017

Name and mailing address of the ISA/  
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer  
 Stobbelaar, Mark

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/075322

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4532601	A	30-07-1985	JP H0434800 B2 09-06-1992
			JP S5965399 A 13-04-1984
			US 4532601 A 30-07-1985
-----			
DE 102011107856 A1	24-01-2013	DE 102011107856 A1	24-01-2013
		US 2013022075 A1	24-01-2013
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/075322

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. G01D18/00 G01K15/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) G01D G01K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 532 601 A (LENDERKING BRUCE N [US] ET AL) 30. Juli 1985 (1985-07-30) Spalte 2, Zeile 40 - Spalte 3, Zeile 19; Abbildung 1	1-15
A	DE 10 2011 107856 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 24. Januar 2013 (2013-01-24) Absätze [0017], [0026]	1-15
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)		"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 16. Dezember 2016		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 24/01/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Stobbelaar, Mark

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/075322

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4532601 A	30-07-1985	JP H0434800 B2	09-06-1992
		JP S5965399 A	13-04-1984
		US 4532601 A	30-07-1985
-----			
DE 102011107856 A1	24-01-2013	DE 102011107856 A1	24-01-2013
		US 2013022075 A1	24-01-2013
-----			