



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 22 277 A1** 2005.03.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 22 277.4**
(22) Anmeldetag: **16.05.2003**
(43) Offenlegungstag: **03.03.2005**

(51) Int Cl.7: **G01D 21/00**
G01N 27/26, G05B 19/02

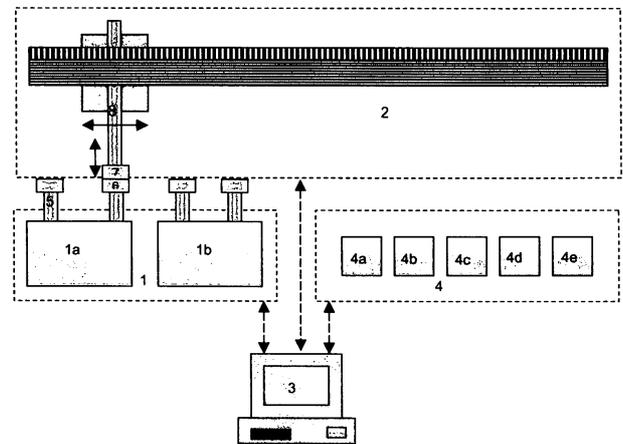
(71) Anmelder:
Endress + Hauser Conducta Gesellschaft für Meß- und Regeltechnik mbH + Co. KG, 70839 Gerlingen, DE

(72) Erfinder:
Pechstein, Torsten, Dr., 01445 Radebeul, DE; Roth, Michael, 79597 Schallbach, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur automatischen Prozessierung von Sensoren**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Prozessierung eines Sensors, beispielsweise eines potentiometrischen Sensors, welcher ein Speichermodul aufweist, umfasst automatisches Identifizieren des Sensors, Prozessieren des Sensors und Aufzeichnen von Prozessierungsdaten im Speichermodul des Sensors. Eine Vorrichtung zum Prozessieren von Sensoren mit einem Speichermodul, insbesondere nach dem zuvor beschriebenen Verfahren, umfasst ein Lagersystem 1a, 1b zur Aufbewahrung von Sensoren, ein Handlingsystem 2, ein Prozessierungssystem 4 zum Prozessieren der Sensoren und ein Steuersystem 3 zum Steuern und Überwachen des Lagersystems 1a, 1b des Handlingsystems 2 und des Prozessierungssystems 4, wobei das Handlingsystem 2 die Sensoren 5 transportiert, und wobei die Vorrichtung eine Schnittstelle 7 zum Anschluss an einen zu prozessierenden Sensor 5 aufweist, über welche das Speichermodul des Sensors 5 ausgelesen und beschrieben werden kann.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Sensoren der Prozessmesstechnik, Analysatoren, und Sensoren der Labormesstechnik sowie eine Vorrichtung und ein Verfahren zu dessen Prozessierung.

[0002] Die Vorrichtung und das Verfahren betrifft beispielsweise die Prozessierung von potentiometrischen Sensoren wie pH-Sensoren und Redoxsensoren, amperometrische Sensoren wie Gassensoren, Temperatursensoren, spektrometrische Sensoren, turbimetrische Sensoren, Feuchtesensoren, Drucksensoren, Füllstandssensoren, chromatographische Sensoren und dergleichen mehr.

[0003] Die genannten Sensoren müssen häufig in periodischen Abständen kalibriert bzw. gewartet werden, wobei die Wartung beispielsweise eine Reinigung und andere Maßnahmen zur Gewährleistung einer längeren Betriebsdauer bis zur nächsten Wartung umfassen kann. Die Kalibrierung und Wartung wird nach folgend zusammenfassend als Prozessierung bezeichnet.

[0004] Insofern als von bestimmten Sensortypen der genannten Art in bestimmten Einsatzgebieten große Stückzahlen anfallen, erfordert es einen hohen personellen und logistischen Aufwand, diese Sensoren zu prozessieren.

[0005] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, welches den Prozessierungsaufwand erheblich vereinfacht.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Prozessierung eines Sensors, welcher ein Speichermodul aufweist, umfasst unter anderem die folgenden Schritte.

[0007] Automatisches Identifizieren des Sensors, Prozessieren des Sensors und Aufzeichnen von Prozessierungsdaten im Speichermodul des Sensors.

[0008] Die Sensoren können mit einem Standardprozess prozessiert werden, oder der Prozess kann dem individuell identifizierten Sensor angepasst sein. Das Identifizieren des Sensors kann die folgenden alternativen Ausgestaltungen aufweisen. Der Sensor wird zunächst an einer indexierten Lagerposition bereitgestellt, und Sensorkennndaten werden der indexierten Lagerposition in einer Lagerdatenbank (beispielsweise durch einen Bediener) zugeordnet. Es folgt dann das Auslesen der Sensordaten unter der indexierten Position der Sensordatenbank, bevor der Sensor unter dieser Position prozessiert wird. In einer alternativen Ausgestaltung dazu kann zur Identifizierung des Sensors das Speichermodul des Sensors ausgelesen werden, welches hierzu natürlich eine in-

dividuelle Sensorkennung enthalten muss. Sofern die Prozessierung individuell dem Sensor angepasst werden soll, ergeben sich hierfür unter anderem die folgenden Alternativen. Erstens kann ein Sensor einer Sensortypklasse zugeordnet sein, und die anzuwendende Prozessierung wird automatisch der Typklasse entsprechend festgelegt. Zweitens kann eine typklassenspezifische Prozessierung hinsichtlich der Parameter einzelner Prozessierungsschritte wie Dauer des Prozessierungsschritts oder Temperatur oder pH beim Prozessierungsschritt den individuellen Sensordaten, beispielsweise Historiendaten, angepasst werden. Die individuellen Sensordaten zur Anpassung der Parameter sind beispielsweise aus der Lagerdatenbank oder dem Speichermodul des Sensors auszulesen. Drittens können die Schritte der Prozessierung für jeden Sensor individuell festgelegt und im Speichermodul des Sensors abgelegt sein. Schließlich kann die Prozessierung des Sensors die Aufzeichnung der Sensorhistoriendaten, Prozessierungsdaten, insbesondere Kalibrierungsdaten, in einer Sensordatenbank umfassen, so dass bei einer erneuten Prozessierung des Sensors die Ergebnisse früherer Prozessierungen berücksichtigt werden können, wobei die Prozessierung gegebenenfalls angepasst wird. Die Prozessierung der Sensoren kann zudem die Auswertung der im Speichermodul gespeicherten Daten unter weiteren Gesichtspunkten beinhalten.

[0009] Hierbei sind u.a. die folgenden Gesichtspunkte zu beachten. Bei einer großen Zahl von Sensoren gleichen Typs in einem Anwendungsgebiet ist nicht immer eine dauerhafte eindeutige Zuordnung zwischen einem individuellen Sensor und einem Messplatz gegeben, da ein Sensor nach seiner Entnahme zur Kalibrierung an einem anderen Messplatz wieder eingebaut werden kann.

[0010] Es ist daher sinnvoll, wenn das Speichermodul des Sensors einen Eintrag enthält, welcher eine eindeutige Identifizierung des Messplatzes ermöglicht, an dem er zuletzt eingesetzt wurde. Selbstverständlich kann auch eine Liste im Speichermodul abgelegt werden, welche mehrere oder sämtliche jemals vorgekommenen Messplätze in zeitlicher Folge aufzeichnet.

[0011] Der Messplatz bzw. der Einsatzort kann beispielsweise durch eine Messstellenkennung identifiziert werden, oder durch eine Umformerkennung. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Sensoren im hier verstandenen Sinne nur über eingeschränkte eigene Kommunikationsfähigkeiten verfügen und deshalb zur Kommunikation in einer Prozessanlage gewöhnlich an einem Umformer angeschlossen sind, welcher mit einer übergeordneten Stelle in geeigneter Weise nach einem der gängigen Protokolle die 4...20mA bzw. HART, Profibus oder Foundation Fieldbus und anderen kommuniziert.

[0012] Die Sensordaten wie Historiendaten und Kalibrierdaten können neben der Speicherung im Sensor nach drei Ordnungsprinzipien in einer Datenbank gespeichert, ausgewertet und bei der Prozessierung bzw. Kalibrierung berücksichtigt werden. Erstens nach dem Sensor, zweitens nach dem Messplatz und drittens nach dem Umformer.

[0013] Selbstverständlich sind beliebige Kombinationen und Hierarchien der Ordnungskriterien möglich und sollten nach Zweckmäßigkeit gewählt werden.

[0014] Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst ein Lagersystem, ein Handlingsystem, ein Prozessierungssystem und ein Steuersystem das Lagersystem kann ein Lager umfassen, welches sowohl als Eingangslager als auch als Ausgangslager dient, oder voneinander getrennt Eingangs- und Ausgangslager. Das Prozessierungssystem kann unter anderem ein Kalibrierautomaten, ein Reinigungsautomaten und/oder Erneuerungsautomaten oder beliebige Kombinationen davon umfassen. Das Handlingsystem transportiert die Sensoren vom Lagersystem in das Prozessierungssystem. Es kann beliebige Elemente der Robotik umfassen. Das Steuersystem steuert das Handlingsystem und das Prozessierungssystem. Es steuert die Abläufe, mit denen die Sensoren prozessiert werden. Hierzu liest das Steuersystem die erforderlichen Daten entweder aus dem Speichermodul des Sensors oder aus einer Datenbank, nachdem der Sensor identifiziert wurde.

[0015] Schließlich steuert das Steuersystem das Schreiben von Prozessierungsdaten, z.B. Kalibrierdaten, in das Speichermodul des Sensors, und es wertet ausgelesene Sensordaten aus und leitet daraus und aus den Kalibrierdaten eine Bewertung des Sensorzustandes und gegebenenfalls der Messstelle bzw. des Umformers ab, mit dem der Sensor betrieben wurde.

[0016] Das Speichermodul kann beispielsweise eines oder mehrere der folgenden Daten enthalten, auf welche bei der Prozessierung zurückgegriffen werden kann:

Kalibrierdatum; Kalibrierdaten, Offsetdaten, Steigungsdaten, Kompensationskoeffizienten, Temperaturabhängigkeiten, Daten zu Querempfindlichkeiten, Historiendaten, Schleppzeigerfunktionen, zulässige Extremwerte, tatsächlich aufgetretene Extremwerte, dosimetrische Daten, Betriebszeit; Anzahl, und Art der bisherigen Prozessierungen. Prozessierungsparameter; logistische Informationen, beispielsweise einen SAP-Code und/oder eine Bestellnummer; die Seriennummer; Messplatzkennung, Umformererkennung.

[0017] Bei einem pH-Sensor erscheinen beispielsweise die folgenden Daten relevant: Die ermittelte Empfindlichkeit des Sensors bei einer ersten Tempe-

ratur, insbesondere 25°C; das ermittelte Asymmetriepotential bei 25°C; der Temperaturoffset; logistische Informationen; der Temperatureinsatzbereich; der pH-Einsatzbereich; die Extremalwerte der Betriebstemperatur; die Extremalwerte des Betriebs-pH; die Einsatzdauer; der Isothermenschnittpunkt; den Sensor-Check-System-Status; der pH-Messwert; und der Temperaturmesswert.

[0018] Das Steuersystem kann vorzugsweise auf sämtliche der abgelegten Daten mit einem Lesebefehl zugreifen.

[0019] Vorzugsweise kann das Steuersystem über Schreibbefehle eines bzw. mehrere der folgenden Daten im Speicher ablegen lassen: Kalibrierdatum; die ermittelte Steilheit des Sensors bei einer ersten Temperatur, insbesondere 25°C; den ermittelten Sensornullpunkt bei 25°C; den Temperaturoffset; den Isothermenschnittpunkt; weitere Prozessierungsdaten.

[0020] Eine Vorrichtung zur automatischen Prozessierung und Kalibrierung von potentiometrischen Sensoren, beispielsweise pH-Sensoren kann u.a. die folgenden Merkmale aufweisen.

[0021] Das Lagersystem umfasst ein Eingangslager mit einem Behälter, der mit einem wässrigen Medium gefüllt ist, und mehrere Aufnahmepositionen für die Sensoren unterschiedlicher Bauformen in Länge und Durchmesser aufweist. Die Aufnahmepositionen sind indiziert und dem Steuersystem bekannt. Das Prozessierungssystem umfasst ein Reinigungs- und Kalibriersystem, sowie gegebenenfalls ein Reaktivierungssystem. Das Reinigungssystem stellt Reinigungsmittel bereit, welche gegebenenfalls der Art der Verschmutzung angepasst sind und individuell festgelegt werden. So lassen sich beispielsweise Aluminiumbeläge der Glasmembran eines pH-Sensors durch Natronlauge entfernen. Für andere Verschmutzungen sind entsprechend andere Reinigungsmittel bereitzustellen. Das Reinigungssystem umfasst insofern mindestens eine Reinigungskammer, in welcher der Sensor einem Reinigungsmittel ausgesetzt ist. Dies kann durch ein Eintauchen, Spülen, oder Sprühen erfolgen, wobei auch Kombinationen und mehrfache Abfolgen davon möglich sind. Zusätzlich kann eine Wärme-, Bürsten-, oder Ultraschall-Behandlung erfolgen.

[0022] Das Reaktivierungssystem bzw. Auffrischungssystem kann beispielsweise Mittel zu einer Wärmebehandlung umfassen, mit welcher sich verblockte Referenzdiaphragmen sowie die pH-Halbzelle reaktivieren lassen. Das Kalibriersystem umfasst mindestens einen Behälter mit einer Kalibrierflüssigkeit mit einem definierten pH-Wert vorzugsweise jedoch mehrere Behälter mit mehreren Flüssigkeiten, die jeweils unterschiedliche definierte pH-Werte auf-

weisen.

[0023] Optional weist das Kalibriersystem abgeschlossene Gasatmosphären über den Behältern mit Kalibrierflüssigkeit auf, um die Stabilität des Kalibriermediums zu gewährleisten. Die Kalibrierbedingungen können in einer Weiterbildung der Erfindung den Einsatzbedingungen des zu kalibrierenden Sensors hinsichtlich pH-Wert und Temperatur angepasst werden. So empfiehlt sich beispielsweise für einen bei 50°C ablaufenden Prozess um pH-9 eine Kalibrierung mit einem Puffer von pH-7 und einem Puffer von pH-10 bei jeweils 50°C unter Stickstoffatmosphäre, da der Kohlendioxidgehalt der Luft insbesondere bei hohen Temperaturen schnell den pH-Wert von alkalischen Puffern verändert.

[0024] Um höchste Messgenauigkeiten zu erzielen, muss die Temperatur- und Potentialgleichgewichtseinstellzeit lang genug gewählt werden (hier z. B. 20 min.) während der Kalibrierung können dynamische Kenngrößen wie Einstellverhalten und Signalrauschen ermittelt und zur Sensorcharakterisierung herangezogen werden.

[0025] Nach abgeschlossener Kalibrierung werden die Kalibrierdaten und gegebenenfalls weitere Daten in dem Speichermodul des Sensors gespeichert und der Sensor wird mit dem Handlingsystem in das Ausgangslager des Lagersystems transportiert. Das Ausgangslager kann beispielsweise einen mit Flüssigkeit befüllten Behälter mit indizierten Lagerpositionen aufweisen.

[0026] Die Erfindung wird nun anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert, es zeigt:

[0027] **Fig. 1.:** Eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur automatischen Prozessierung von pH-Sensoren.

[0028] Die Vorrichtung in **Fig. 1** zur automatischen Prozessierung von pH-Sensoren umfasst ein Lagersystem **1** mit einem Eingangslager **1a** und einem Ausgangslager **1b**. Das Eingangslager und das Ausgangslager umfassen jeweils einen Behälter zur Aufnahme von pH-Sensoren **5** verschiedener Durchmesser und Längen. Die Sensoren **5** werden aus dem Eingangslager **1a** mittels eines Handlingsystems **2**, welches einen Transportroboter **2** mit einem Greifarm **8** umfasst, entnommen und durch die Stationen **4a** bis **4e** eines Prozessierungssystems **4** transportiert, wobei in der Station **4a** eine Reinigung erfolgt, bevor die Sensoren in Station **4b** durch eine Temperaturbehandlung aufgefrischt werden. In Stationen **4c** und **4d** erfolgt die Kalibrierung. Nach einer Spülung in Station **4e** werden die prozessierten Sensoren im Ausgangslager **1b** abgelegt. Das Steuerungssystem **3**, steuert das Handlingsystem **2** sowie das

Prozessierungssystem **4** und überwacht das Lagersystem **1a**, **1b**.

[0029] Zur Festlegung der einzelnen Prozessierungsschritte wird zunächst der Sensor identifiziert. Hierzu kann das Speichermodul der Sensoren ausgelesen werden, indem das Kupplungsmodul **7**, welches beispielsweise einen Steckkopf oder mehrere unterschiedliche Steckköpfe aufweisen kann, einen passenden Steckkopf auf den Sensorsteckkopf **6** aufsteckt und damit den Datenaustausch ermöglicht. Das Beschreiben des Sensorspeichers mit Kalibrationsdaten und anderen Prozessierungsdaten erfolgt ebenfalls über einen Steckkopf des Kupplungsmoduls **7**.

[0030] Einer der Steckköpfe kann ein induktiver Steckkopf sein, wie er unter anderem in der Deutschen Patentanmeldung Nr. 100 55 090.8 beschrieben ist. Weitere Steckköpfe können den am Markt üblichen Standardsensorsteckköpfen entsprechen. Die Steckköpfe können im Kupplungsmodul **7** in einer Reihe nebeneinander, in einem zweidimensionalen m*n-Feld, oder in einer rotierenden Trommel wie bei einem Revolver angeordnet sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prozessierung eines Sensors, welcher ein Speichermodul aufweist, umfassend: Automatisches Identifizieren des Sensors, Prozessieren des Sensors, und Aufzeichnen von Prozessierungsdaten im Speichermodul des Sensors.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Prozessieren dem individuell identifizierten Sensor angepasst ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Prozessieren, Reinigen des Sensors umfasst.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Prozessieren, Auffrischen des Sensors umfasst.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Prozessieren, Kalibrieren des Sensors umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Prozessierungsdaten Kalibrationsdaten umfassen.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Sensor einen potentiometrischen Sensor, insbesondere einen pH-Sensor oder einen Red-Ox-Sensor, einen Amperometrischen Sensor, einen Temperatursensor, einen Gassensor,

einen Trübungssensor, einen Sensor zur Bestimmung des gelösten Gasgehalts in einer Flüssigkeit, einen Feuchtesensor, einen Drucksensor, einen Füllstandssensor, einen Durchflußsensor, einen Spektrometrischen Sensor, oder einen Chromatographischen Sensor umfasst.

8. Vorrichtung zum Prozessieren von Sensoren mit einem Speichermodul, insbesondere nach einem der Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend:

ein Lagersystem zur Aufbewahrung von Sensoren, ein Handlingsystem
ein Prozessierungssystem zum Prozessieren der Sensoren,
und ein Steuersystem zum Steuern und Überwachen des Lagersystems, des Handlingsystems und des Prozessierungssystems, wobei das Handlingsystem die Sensoren transportiert, und wobei die Vorrichtung eine Schnittstelle zum Anschluss an einen zu prozessierenden Sensor aufweist, über welche das Speichermodul des Sensors ausgelesen und beschrieben werden kann.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei, das Lagersystem ein Eingangslager und ein Ausgangslager aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei das Prozessierungssystem einen Kalibrierautomaten umfasst.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei das Prozessierungssystem einen Reinigungsautomaten umfasst.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei das Prozessierungssystem einen Auffrischungsautomaten umfasst.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei das Steuersystem das Schreiben von Prozessierungsdaten, z.B. Kalibrierdaten, in das Speichermodul des Sensors steuert.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei das Steuersystem das ausgelesene Sensordaten auswertet und eine Bewertung des Sensorzustands vornimmt.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, wobei das Steuersystem auf mindestens einen der folgenden Einträge in das Speichermodul eines Sensors zugreifen kann: Kalibrierdatum; Kalibrierdaten, Offsetdaten, Steigungsdaten, Kompensationskoeffizienten, Temperaturabhängigkeiten, Daten zu Querempfindlichkeiten, Historiendaten, Schleppzeigerfunktionen, zulässige Extremwerte, tatsächlich aufgetretene Extremwerte, dosimetrische Daten, Betriebszeit; Anzahl, und Art der bisherigen Prozessie-

rungen; Messplatzkennung, Umformererkennung.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 15, wobei der Sensor ein potentiometrischer Sensor, insbesondere ein pH-Sensor ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei das Eingangslager einen Behälter mit einem wässrigen Medium aufweist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei der Behälter indizierte Aufnahmepositionen für die Sensoren unterschiedlicher Bauformen in Länge und Durchmesser aufweist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 18, wobei die Vorrichtung ein Kopplungsmodul mit mindestens einem Steckkopf zum Aufstecken auf einen Sensor aufweist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei mindestens ein Steckkopf ein induktiver Steckkopf ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen