



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2004 012 420 A1** 2005.09.29

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 012 420.5**

(22) Anmeldetag: **13.03.2004**

(43) Offenlegungstag: **29.09.2005**

(51) Int Cl.7: **G01N 27/416**

**G01D 18/00, G01K 13/00**

(71) Anmelder:

**Knick Elektronische Messgeräte GmbH & Co. KG,**  
**14163 Berlin, DE**

(72) Erfinder:

**Wohlrab, Heinz, Dipl.-Ing., 14167 Berlin, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Rau, Schneck & Hübner, 90402**  
**Nürnberg**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

**DE 199 49 994 A1**

**DE 101 41 408 A1**

**DE 697 06 433 T2**

**US 65 19 546 B1**

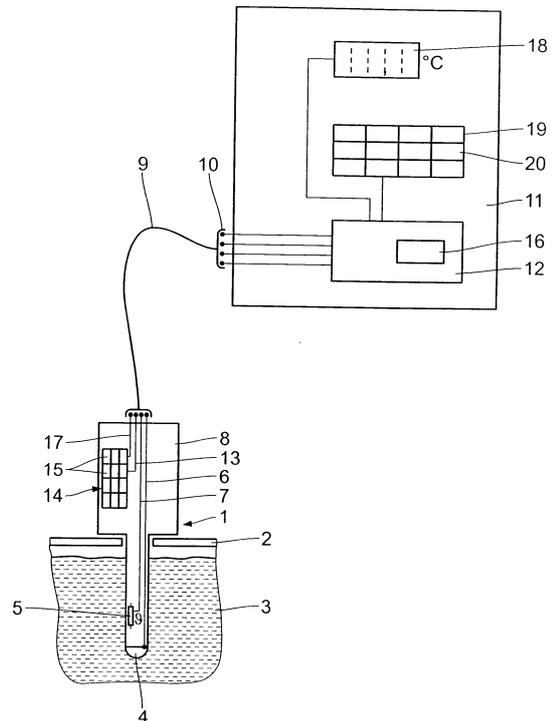
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Überwachungsvorrichtung für die Belastung von Messsonden durch Einflüsse aus der Messumgebung**

(57) Zusammenfassung: Eine Überwachungsvorrichtung für die Belastung von Messsonden durch Einflüsse aus der Messumgebung umfasst mindestens zwei Messsensoren (4, 5) für belastungsrelevante Messgrößen (pH, T) und eine Auswerteeinheit (12) zur Wertermittlung der Messgrößen (pH, T) und Einordnung der ermittelten Messgrößenwerte in vorbestimmte Wertebereiche der Messgrößen (pH, T), eine Speichereinheit (14), in der die vorbestimmten Wertebereiche der mindestens zwei Messgrößen (pH, T) als matrixartig angeordnete Speicherzellen (15) angelegt sind, wobei jede Speicherzelle (15) einem definierten Wertebereichspaar der beiden Messgrößen (pH, T) zugeordnet ist und in jeder Speicherzelle (15) jeweils die Belastung auf der Basis der Gesamt-Beaufschlagungszeit der Sonde (1) abspeicherbar ist, innerhalb derer die die Sonde (1) beaufschlagenden Messgrößen (pH, T) innerhalb des zugeordneten definierten Wertebereichspaares gelegen waren, und eine Belastungserfassungseinheit (16), die aus den Aufzeichnungen in der Speichereinheit (14) einen Belastungsindex für die Messsonde (1) ermittelt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Überwachungs- vorrichtung für die Belastung von Messsonden durch Einflüsse aus der Messumgebung umfassend mindestens zwei Messsensoren für belastungsrelevante Messgrößen und eine Auswerteeinheit zur Wertermittlung der Messgrößen und Einordnung der ermittelten Messgrößenwerte in vorbestimmte Wertebereiche der Messgrößen.

### Stand der Technik

**[0002]** Zum Hintergrund der Erfindung ist festzuhalten, dass insbesondere elektrochemische Messsonden, wie beispielsweise pH-Messketten oder Sauerstoff-Messsonden durch die erwähnten Einflüsse aus der Messumgebung in ihren Messeigenschaften mit der Zeit zumindest beeinträchtigt werden und schließlich ihre maximale Lebensdauer erreichen. Das Maß solcher Beeinträchtigungen und die Funktionsfähigkeit solcher Messsonden sind nun stark von den in der Messumgebung herrschenden Bedingungen abhängig. Im Zusammenhang mit dem Beispiel einer pH-Messsonde ist beispielsweise festzustellen, dass bei extremen pH-Messwerten, die in der Regel von aggressiven Chemikalien herrühren, und/oder bei hohen Temperaturen die Sonde wesentlich schneller altert, als zum Beispiel bei Messungen in einem Medium im Neutralbereich um pH 7 und bei Umgebungstemperaturen von etwa 20 bis 25°C. Diese Problematik ist beispielsweise in der DE 101 41 408 A1 angesprochen. Dort ist ein Verfahren zur Bestimmung der Kalibrier-Intervallzeit von elektrochemischen Messsensoren angegeben, bei dem die Messumgebung einbezogen wird.

**[0003]** Problematisch bei den üblichen Messsonden ist die Tatsache, dass keine Maßnahmen an der Sonde selbst oder in einem Gesamtsystem aus Messsonde und zugeordnetem Basis-Gerät vorgesehen sind, die Rückschlüsse auf die der Sonde aufgebürdete Belastung und dementsprechend auf die Restlebensdauer bzw. notwendige Wartungsmaßnahmen zulassen. Dies ist insbesondere problematisch im Rahmen von Messaufgaben, bei denen mehrere belastungsrelevante Messgrößen, wie eben beispielsweise pH-Wert und Temperatur einer Prozessflüssigkeit, beteiligt sind.

### Aufgabenstellung

**[0004]** Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Überwachungs- vorrichtung für die Belastung von Messsonden durch Einflüsse aus der Messumgebung zu schaffen, mit deren Hilfe jederzeit der Belastungszustand der Messsonde erfasst und ausgewertet werden kann.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch die im Kennzeich-

nungsteil des Anspruches 1 angegebenen Komponenten der Überwachungs- vorrichtung gelöst, nämlich durch:

- eine Speichereinheit, in der die vorbestimmten Wertebereiche der mindestens zwei Messgrößen als matrixartig zugeordnete Speicherzellen angelegt sind, wobei jede Speicherzelle einem definierten Wertebereichspaar der beiden Messgrößen zugeordnet ist und in jeder Speicherzelle jeweils die Belastung auf der Basis der Gesamt-Beaufschlagungszeit der Sonde abspeicherbar ist, innerhalb derer die die Sonde beaufschlagenden Messgrößen innerhalb des zugeordneten definierten Wertebereichspaares gelegen waren, und
- eine Belastungserfassungseinheit, die aus den Aufzeichnungen in der Speichereinheit einen Belastungsindex für die Messsonde ermittelt.

**[0006]** Aufgrund der matrixartigen Zuordnung der Speicherzellen können besondere Belastungszustände, wie sie durch die definierten Wertebereichspare der beiden Messgrößen charakterisiert sind, ohne großen Speicheraufwand abgespeichert und einer entsprechenden Auswertung zugeführt werden. Die Speichereinheit selbst benötigt physikalisch keine matrixförmige Anordnung der Speicherzellen, die „matrixartige Zuordnung“ kann beispielsweise auch durch eine Indexierung entsprechender Speicherzellen, in denen dann der Belastungsindex für das jeweilige Wertebereichspaar eingeschrieben wird. Die Matrixzuordnung bildet dabei gleichzeitig die Basis für die bevorzugte Weiterbildung gemäß Anspruch 2, die eine Gewichtung der definierten Wertebereichspare vorsieht und damit eine unmittelbare Ermittlung des Belastungsindex unter Einbeziehung der unterschiedlichen Belastungseinflüsse auf die Messsonde zulässt.

**[0007]** Gemäß der bevorzugten Ausführungsform nach Anspruch 3 und 4 kann die Überwachungs- vorrichtung aufgrund des ermittelten Belastungsindex unter Bezugnahme auf einen vorgegebenen, insbesondere in die Speichereinheit bei der Sensorherstellung eingetragenen Maximalbelastungsindex eine Rest-Funktionsdauer der Messsonde auf einem entsprechenden Display zur Anzeige bringen. Dies erleichtert die Organisation und den Überblick von Wartungs- und Austauscharbeiten an Messsonden in größeren Anlagen mit einer Vielzahl von Messsonden an verschiedenen Stellen.

**[0008]** Gemäß Anspruch 5 ist eine besonders übersichtliche und unmittelbare visuelle Darstellung der belastungsrelevanten Inhalte der Speichereinheit vorgesehen.

**[0009]** Die gemäß Anspruch 6 vorgesehenen Verteilung der Komponenten der Überwachungs- vorrichtung auf eine auswechselbare Messsonde einerseits und ein Basismessgerät andererseits eröffnet die

Möglichkeit, die in der Regel Verschleißteile darstellenden Messsonden individuell durch die darauf befindliche Speichereinheit auf ihren Belastungszustand überwachbar zu machen, ohne in jede Messsonde unzumutbar hohe „Auswerteeintelligenz“ in Form entsprechender Controller oder Prozessoren zu stecken. Die entsprechende Auswerte- und Berechnungsprozesse können im Basisgerät vorgenommen werden, das lediglich entsprechende digitale Daten zur Messsonde überträgt, wo diese in der Speichereinheit festgehalten werden. Wird eine Messsonde von einer Messstelle entfernt und an einer anderen Messstelle an ein entsprechendes Basismessgerät angeschlossen, so kann dieses wiederum die Speichereinheit der Messsonde auslesen und den Belastungszustand einwandfrei und zuverlässig ermitteln.

**[0010]** Die Ansprüche 8 und 9 beziehen sich auf die Messsonde als solche als Neu-, Verschleiß-, Austausch- oder dergleichen Komponente, auf der ein wesentlicher Teil der vorstehend erörterten Überwachungseinrichtung implementiert ist.

#### Ausführungsbeispiel

**[0011]** Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung entnehmbar, in der ein Ausführungsbeispiel anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert wird. Es zeigen:

**[0012]** [Fig. 1](#) eine schematische Gesamtansicht einer pH-Messeinrichtung mit Überwachungsvorrichtung,

**[0013]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung der matrixartigen Speichereinheit für die Messgrößen pH-Wert und Temperatur,

**[0014]** [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung der matrixartigen Speichereinheit mit den Wertebereichspaaren pH-Wert/Temperatur zugeordneten Gewichtungsfaktoren, und

**[0015]** [Fig. 4](#) eine Ansicht einer graphischen Matrixanzeigeeinheit des Basismessgerätes gemäß [Fig. 1](#).

**[0016]** Das in [Fig. 1](#) gezeigte Messsystem weist eine Messsonde **1** auf, die in einen Prozessbehälter **2** eintaucht, um den pH-Wert und die Temperatur der Prozessflüssigkeit **3** zu messen. Dazu weist die Messsonde **1** einen lediglich schematisch angedeuteten pH-Messsensor **4** etwa in Form einer Glaselektrode (als Teil einer nicht näher dargestellten pH-Messkette mit einer Referenzelektrode) und einen Temperatur-Messsensor **5** auf. Die elektrischen Messsignale der Sensoren **4, 5** werden über entsprechende Verbindungsleitungen **6, 7** zum Kopf **8** der Messsonde **1** und von dort über eine schematisch an-

gedeutete Kabelverbindung **9** zum Eingang **10** des Basismessgerätes **11** geführt. Darin ist eine Auswerteeinheit **12** etwa auf der Basis eines üblichen Mikroprozessors mit CPU, Arbeitsspeicher, Programmspeicher und Datenspeicher (jeweils nicht näher dargestellt) vorgesehen, die die elektrischen Messsignale von pH-Messsensor **4** und Temperatur-Messsensor **5** verarbeitet und die Werte dieser Messgrößen pH, T zur üblichen Weiterverwendung ermittelt.

**[0017]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist relevant, dass die Auswerteeinheit **12** eine Einordnung der von den Sensoren **4, 5** gemessenen pH- und Temperatur-Werte in vorbestimmte Wertebereiche vornimmt, nämlich beispielsweise in die pH-Wertebereiche  $\text{pH} < 2$ ,  $\text{pH} 2-4$ ,  $\text{pH} 4-10$ ,  $\text{pH} 10-12$  und  $\text{pH} > 12$  sowie die Temperaturbereiche  $T < 10^\circ$ ,  $T = 10-50^\circ\text{C}$ ,  $T = 50-80^\circ\text{C}$  und  $T > 80^\circ\text{C}$ .

**[0018]** Über eine entsprechende Datenleitung **13** steht die Auswerteeinheit **12** mit einer im Kopf **8** der Messsonde **1** angeordneten Speichereinheit **14** – beispielsweise einem EEPROM – in Verbindung. Diese Speichereinheit **14** weist, wie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) angedeutet ist, matrixartige Speicherzellen **15** auf, wobei jede Speicherzelle **15** einem definierten Wertebereichspaar der Messgrößen pH-Wert und Temperatur zugeordnet ist. So sind die Speicherzelle **15.1** dem Wertebereichspaar für  $\text{pH} < 2$  und Temperatur  $< 10^\circ\text{C}$ , die Speicherzelle **15.2** dem Wertebereichspaar  $\text{pH} 2-4$  und  $T < 10^\circ\text{C}$  zugeordnet usw. bis zur Speicherzelle **15.20** mit einer Zuordnung zum Wertebereichspaar  $\text{pH} > 12$  und  $T > 80^\circ\text{C}$ . Wie in [Fig. 3](#) angedeutet ist, sind die vorgenannten Wertebereichspaare noch mit einem Gewichtungsfaktor belegt, der abhängig ist von der Belastungsrelevanz des gemessenen pH-Wertes und der Temperatur im jeweiligen Wertebereichspaar. So ist aus [Fig. 3](#) erkennbar, dass bei gemäßigten Bedingungen, wie im Temperaturbereich  $10-50^\circ\text{C}$  und bei pH-Werten  $2-10$  der Gewichtungsfaktor **1** beträgt (siehe Speicherzellen **15.7** und **15.8** in [Fig. 3](#)), während bei extremen Bedingungen, wie  $\text{pH} > 12$  und  $T > 80^\circ\text{C}$  der Gewichtungsfaktor **4** beträgt (siehe Speicherzelle **15.20** in [Fig. 3](#)). Die in die einzelnen Speicherzellen **15** der Speichereinheit **14** von der Auswerteeinheit **12** eingeschriebenen Beaufschlagungszeiten der Messsonde **1** in den jeweiligen Wertebereichspaaren werden bestimmt, indem die tatsächliche Belastungszeit in dem betreffenden Wertebereichspaar mit den entsprechenden, ebenfalls in den Speicherzellen durch eine 3 bit-Zahl eingetragenen Gewichtungsfaktoren multipliziert wird, so dass bei der Gesamtbewertung der Belastung der Messsonde **1** sich die mit einem hohen Gewichtungsfaktor belegten kritischen Zustände mit ihrer jeweiligen Beaufschlagungszeit der Messsonde in einem erhöhten Belastungsindex in Form einer gewichteten Gesamtbelastungszeit bemerkbar machen. Die gewichtete Belastungszeit kann im übrigen in einen 13 bit breiten Speicherzel-

len-Abschnitt stundengenau für einen Zeitraum zwischen 0 und 8191 h eingeschrieben werden.

**[0019]** In der Auswerteeinheit **12** kann eine symbolisch dargestellte Belastungserfassungseinheit **16** den Inhalt aller Speicherzellen **15** der Speichereinheit **14** über eine Ausleseleitung **17** erfassen und alle gewichteten Belastungszeiten der Messsonde in den einzelnen Wertebereichspaaren aufsummieren. Es ergibt sich als Belastungsindex eine gewichtete Gesamtbelastungszeit der Messsonde **1**, die mit einem vorgegebenen Maximalbelastungsindex – also einer gewichteten Maximalbelastungszeit – verglichen wird. Letztere ist beispielsweise in einer gesonderten Speicherzelle **15.21** der Speichereinheit **14** durch ein 16 bit-Zahl hinterlegt, indem sie bei der Sensorherstellung zusammen mit den Gewichtungsfaktoren eingetragen wird. Erreicht die gewichtete Beaufschlagungszeit der Messsonde **1** die gewichtete Maximalbeaufschlagungszeit so kann am Basismessgerät **11** ein entsprechendes Warnsignal zum Austausch der Messsonde **1** abgegeben werden. Diese wird durch eine neue Messsonde **1** ausgetauscht, in der die Speicherzellen **15** der Speichereinheit **14** noch leer sind. Ferner kann aus dem maximal gewichteten Belastungsindex und dem die tatsächliche Belastung widerspiegelnden Index durch Differenzbildung eine Funktionsreserve, beispielsweise die noch verbleibende Beaufschlagungszeit bei dem derzeitigen Wertebereichspaar von pH-Wert und Temperatur auf einer Restfunktions-Anzeigeinheit **18** ausgegeben werden. Auch ist die Eintragung weiterer Belastungsindices, z. B. eines Kalibrier- oder Wartungsindex in die Speichereinheit **14** möglich.

**[0020]** Um Bedienungs- und Wartungspersonal die Möglichkeit zu geben, die bei der Messsonde **1** in den Speicherzellen **15** festgehaltenen gewichteten Beaufschlagungszeiten schnell zu erfassen, ist am Basismessgerät **11** weiterhin eine graphische Matrix-anzeigeinheit **19** vorgesehen, die die Speicherzellen **15** der Speichereinheit **14** durch entsprechende Matrix-Anzeigefelder **20** widerspiegelt. Dabei wird die jeweilige gewichtete Beaufschlagungszeit in den einzelnen Anzeigefeldern **20** grob durch eine abgestufte Grau- bis Schwarzfärbung visualisiert. Bei der in **Fig. 4** dargestellten Matrix-Anzeigeinheit **19** ist eine Belastungssituation der Messsonde **1** dargestellt, in der das Wertebereichspaar pH 10-12/T = 50-80°C laut Dunkelfärbung des Anzeigefeldes **20.9** die vorherrschende Beaufschlagungssituation der Messsonde **1** seit Inbetriebnahme der Messsonde gewesen ist.

**[0021]** Für den Fall, dass an der Messsonde **1** der pH-Messsensor **4** und der Temperatur-Messsensor **5** separat austauschbar sind, kann die Speichereinheit **14** im Kopf **8** der Messsonde **1** entsprechend durch einen Tausch dieser Sensoren angesteuert und deren Speicherzellen auf 0 zurückgesetzt werden.

**[0022]** Für einen nicht näher dargestellten Sauerstoffsensoren als weiteres Beispiel für einen Messsensor ist eine Erfassung des Sensorstromes, des Druckes und der CO<sub>2</sub>-Belastung als belastungsrelevante Messgrößen sinnvoll. Diese drei Messgrößen werden in einer 3-dimensionalen Speichermatrix abgelegt, wobei eine Speicherzelle dann einem entsprechenden Wertebereich-Tripel zugeordnet ist. Daraus lassen sich bei Auslesen der gewichteten Belastungszeiten der Elektrolytverbrauch abschätzen und ein Hinweis auf einen notwendigen Sensor- oder Membran-Wechsel generieren. Auch hier kann beim Membran-Wechsel die Speichereinheit mit ihren Speicherzellen gelöscht werden.

### Patentansprüche

1. Überwachungsvorrichtung für die Belastung von Messsonden durch Einflüsse aus der Messumgebung, umfassend

- mindestens zwei Messsensoren (**4**, **5**) für belastungsrelevante Messgrößen (pH, T), und
- eine Auswerteeinheit (**12**) zur Wertermittlung der Messgrößen (pH, T) und Einordnung der ermittelten Messgrößenwerte in vorbestimmte Wertebereiche der Messgrößen (pH, T), gekennzeichnet durch
- eine Speichereinheit (**14**), in der die vorbestimmten Wertebereiche der mindestens zwei Messgrößen (pH, T) als matrixartig zugeordnete Speicherzellen (**15**) angelegt sind, wobei jede Speicherzelle (**15**) einem definierten Wertebereichspaar der beiden Messgrößen (pH, T) zugeordnet ist und in jeder Speicherzelle (**15**) jeweils die Belastung auf der Basis der Gesamt-Beaufschlagungszeit der Sonde (**1**) abspeicherbar ist, innerhalb derer die die Sonde (**1**) beaufschlagenden Messgrößen (pH, T) innerhalb des zugeordneten definierten Wertebereichspaars gelegen waren, und
- eine Belastungserfassungseinheit (**16**), die aus den Aufzeichnungen in der Speichereinheit (**14**) einen Belastungsindex für die Messsonde (**1**) ermittelt.

2. Überwachungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die definierten Wertebereichspaare der mindestens zwei Messgrößen (pH, T) zur Ermittlung des Belastungsindex mit einem von der Belastungsrelevanz für den Messsensor (**1**) abhängigen Gewichtungsfaktor für die jeweilige Gesamt-Beaufschlagungszeit innerhalb des jeweiligen Wertebereichspaars in die Ermittlung des Belastungsindex einbezogen werden.

3. Überwachungsvorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Belastungserfassungseinheit (**16**) aus dem ermittelten Belastungsindex unter Bezugnahme auf einen vorgegebenen Maximalbelastungsindex eine für die Rest-Funktionsdauer der Messsonde (**1**) repräsentative Anzeige auf einer Anzeigeinheit (**18**) generierbar ist.

4. Überwachungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Maximalbelastungsindex in einer Speicherzelle (15.21) der Speichereinheit abgespeichert ist.

5. Überwachungsvorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, gekennzeichnet durch eine graphische Matrixanzeigeeinheit (19), auf der der belastungsrelevante Inhalt der matrixartig angeordneten Speicherzellen (15) der Speichereinheit (14) visuell darstellbar ist.

6. Überwachungsvorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Messsensoren (4, 5) und die Speichereinheit (14) auf einer auswechselbaren Messsonde (1) und die Auswerteeinheit (12), die Belastungserfassungseinheit (16) sowie gegebenenfalls die Anzeigeeinheit (18) und die graphische Matrixanzeigeeinheit (19) in einem Basismessgerät (11) zum Betrieb der Messsonde (1) angeordnet sind.

7. Überwachungsvorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messsensoren als pH- und Temperatur-Sensoren (4, 5) ausgelegt sind.

8. Messsonde mit mindestens zwei Messsensoren (4, 5) für belastungsrelevante Messgrößen (pH, T), insbesondere zum Einsatz in einer Überwachungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Speichereinheit (14), in der vorbestimmte Wertebereiche der mindestens zwei Messgrößen (pH, T) als matrixartig angeordnete Speicherzellen (15) angelegt sind, wobei jede Speicherzelle (15) einem definierten Wertebereichspaar der beiden Messgrößen (pH, T) zugeordnet ist und in jeder Speicherzelle (15) jeweils die Belastung auf der Basis der Gesamt-Beaufschlagungszeit der Sonde (1) abspeicherbar ist, innerhalb derer die die Sonde (1) beaufschlagenden Messgrößen (pH, T) innerhalb des zugeordneten definierten Wertebereichspaares gelegen waren.

9. Messsonde nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Speichereinheit (14) durch definierte technische Eingriffe zu Wartungs-, Reinigungs-, Kalibrierungs-, Regenerierungs- oder ähnlichen Zwecken in ihren Speicherzellen (15) rücksetzbar ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

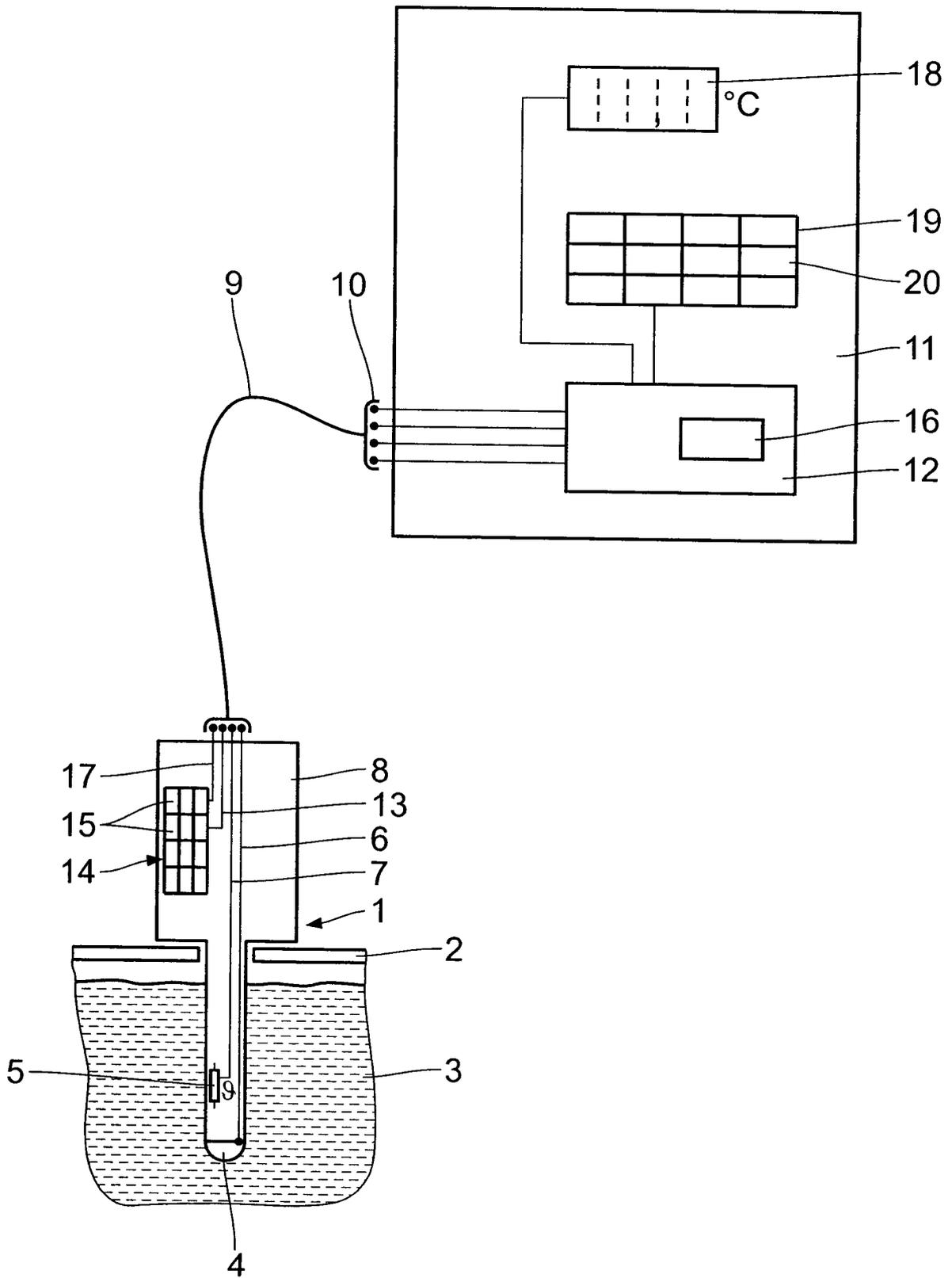


Fig. 1

pH / °C	pH < 2	pH 2 - 4	pH 4 - 10	pH 10 - 12	pH > 12
< 10 °C	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4
10 - 50 °C	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4
50 - 80 °C	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4
> 80 °C	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4	13 Bit / 3 Bit 0 ... 8191 h / 1 ... 4
Zul. Belastungsindex	16 Bit 0 ... 65535				

15.1

15.2

15.7

15.8

14

15.20

Fig. 2 15.21

pH / T	pH < 2	pH 2 - 4	pH 4 - 10	pH 10 - 12	pH > 12
< 10 °C	2	1,5	1,5	1,5	2
10 - 50 °C	1,5	1	1	1,5	2
50 - 80 °C	2	1,5	1,5	2	3
> 80 °C	3	2	2	3	4

15.1 15.2 15.7 15.8 15.20

14

Fig. 3

	19	20.9		
T/°C				
>80				
50-80				
10-50				
<10				

pH < 2 2-4 4-10 10-12 > 12

Fig. 4