



(10) **DE 10 2014 009 354 A1** 2015.12.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 009 354.9**

(22) Anmeldetag: **20.06.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.12.2015**

(51) Int Cl.: **G01D 18/00** (2006.01)

**G01D 1/04** (2006.01)

**G08C 19/00** (2006.01)

**G08C 25/00** (2006.01)

(71) Anmelder:

**ABB Technology AG, Zürich, CH**

(74) Vertreter:

**Marks, Frank Dieter, Dipl.-Ing. Pat.-Ing., 40764  
Langenfeld, DE**

(72) Erfinder:

**Merlin, Tilo, Dipl.-Ing., 63589 Linsengericht, DE;  
Overhoff, Dietmar, 63768 Hösbach, DE; Keul,  
Thomas, 63579 Freigericht, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**DE 40 16 922 C3**

**DE 199 30 661 A1**

**DE 10 2008 050 354 A1**

**DE 10 2008 057 474 A1**

**US 2005 / 0 168 343 A1**

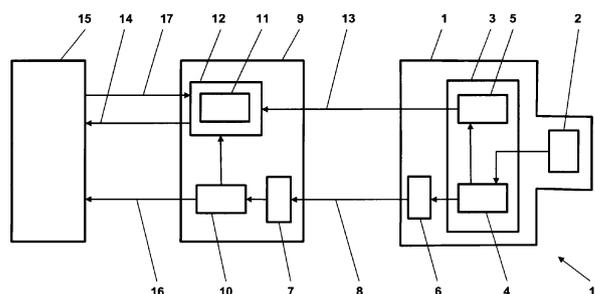
**US 4 783 659 A**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Fehleranalyse einer Messeinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fehleranalyse einer Messeinrichtung (18), innerhalb derer sowohl über ein digitales Signal (13) als auch über ein analoges Signal (8) zwischen einem digitale Prozesswerte (4) erzeugenden Feldgerät (1) und einem Eingabe-/Ausgabe-Gerät (E/A-Gerät) (9) kommuniziert wird, wobei das analoge Signal (8) durch einen Digital-Analog-Wandler (DAC) (6) erzeugt und durch einen Analog-Digital-Wandler (ADC) (7) empfangen wird, die Fehleranalyse auf einem Vergleich digital und analog übermittelter Daten basierend, wobei in einem Integrationsschritt über eine Integrationsdauer hinweg die digitalen Prozesswerte (4) und gleichzeitig deren analog an das E/A-Gerät (9) übermittelte Prozesswertkopien (10) integriert werden, wonach in einem Vergleichsschritt ein auf dem Integral der Prozesswerte (4) basierendes Maß mit einem auf dem Integral der Prozesswertkopien (10) basierenden Maß verglichen wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Messeinrichtung (18), mit der ein solches Verfahren durchführbar ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fehleranalyse einer Messeinrichtung, innerhalb derer sowohl über ein digitales Signal als auch über ein analoges Signal zwischen einem digitale Prozesswerte erzeugenden Feldgerät und einem Eingabe-/Ausgabe-Gerät (E/A-Gerät) kommuniziert wird, wobei das analoge Signal durch einen Digital-Analog-Wandler (DAC) erzeugt und durch einen Analog-Digital-Wandler (ADC) empfangen wird, die Fehleranalyse auf einem Vergleich digital und analog übermittelter Daten basierend. Außerdem betrifft die Erfindung eine Messeinrichtung, mit der ein solches Verfahren durchführbar ist.

**[0002]** Das Einsatzgebiet der Erfindung erstreckt sich auf Messeinrichtungen, bei denen ein Feldgerät Messwerte, wie beispielsweise Druck oder Temperatur oder beliebige andere physikalische oder technische Parameter in einem Prozess aufnimmt, diese digitalisiert, und an ein Eingabe-/Ausgabe-Gerät (E/A-Gerät) übermittelt. Um eine Übertragung von Daten in Echtzeit und mit möglichst hoher Unempfindlichkeit gegenüber elektrischen Störungen, wie beispielsweise Schwankungen in der Spannungsversorgung, zu gewährleisten, werden häufig beispielsweise Stromschleifen eingesetzt, bei denen eine zur physikalischen Größe proportionale Stromstärke als Signal verwendet wird, um den gemessenen Betrag der Messgröße vom Feldgerät zum E/A-Gerät zu übertragen.

**[0003]** Zur Übersetzung des digitalen Prozesswerts in eine analoge Stromstärke wird auf Seite des Feldgeräts ein Digital-Analog-Wandler (DAC) eingesetzt. Um auf der anderen Seite das analoge Signal zur digitalen Weiterverarbeitung im E/A-Gerät binär darzustellen, wird dort ein Analog-Digital-Wandler (ADC) verwendet. Solche Wandler können, im Gegensatz zu rein digitalen elektronischen Modulen, mit der Zeit und beispielsweise durch Temperaturschwankungen bedingt an Genauigkeit verlieren beziehungsweise durch Veränderung der Sensitivität oder anderer für die Digital-Analog-Umwandlung relevanter Größen an Genauigkeit verlieren. Somit kann es passieren, dass ein anderer als der im Feldgerät gemessene Wert im E/A-Gerät weiter verarbeitet wird. Im Folgenden wird als Kopie eines Werts das Abbild des Werts gemeint, das durch eine Digital-Analog-Wandlung oder eine Analog-Digital-Wandlung oder durch beide aufeinander folgende Wandlungen entsteht, während als Duplikat eines digitalen Werts das digital übertragene, theoretisch fehlerfreie Abbild des Werts bezeichnet.

**[0004]** Im bekannten Stand der Technik wird deshalb zu Kontrollzwecken zusätzlich zu dem analog übermittelten Signal, das durch die Digital-Analog-Wandlung und die anschließende Analog-Digital-Wandlung

Fehler enthalten kann, der Prozesswert zusätzlich digital übertragen. Standardmäßig hat sich dabei eine digitale Übertragung nach dem HART-Protokoll durchgesetzt, bei dem logische Einsen und logische Nullen als verschiedene Frequenzen, beispielsweise 1,2 kHz und 2,2 kHz, dem analog übertragenen Signal aufmoduliert werden. Es kann vorteilhafterweise also der gleiche Draht zur elektrischen Verbindung verwendet werden. Durch einen Vergleich des digital übertragenen, und somit theoretisch fehlerfreien Duplikates des Prozesswertes und der analog übertragenen, und somit möglicherweise fehlerbehafteten Kopie des Prozesswertes in dem E/A-Gerät kann ein Abweichen festgestellt werden um beispielsweise anschließend Wartungsmaßnahmen einzuleiten oder Komponenten auszutauschen. Nachteilhaft an dieser Herangehensweise ist, dass diese Art der Diagnose erfordert, dass die analog übertragene Kopie des Prozesswertes über eine Vergleichsdauer hinweg stabil beziehungsweise konstant gehalten werden muss. Ursache hierfür sind die verschiedenen zeitlichen beziehungsweise dynamischen Eigenschaften der digitalen und der analogen Kommunikation. Während dieser Vergleichsdauer ist also keine Messung und Übertragung der sich möglicherweise ändernden Messgröße durch das Feldgerät möglich.

**[0005]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Fehleranalyse einer Messeinrichtung zu schaffen, welches parallel zum ungestört laufenden Betrieb der Messeinrichtung durchführbar ist.

**[0006]** Die Aufgabe wird ausgehend von einem Verfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 in Verbindung mit dessen kennzeichnenden Merkmalen gelöst. Die nachfolgenden abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung wieder. Anspruch 12 beschreibt eine Vorrichtung, mit der dieses Verfahren durchführbar ist.

**[0007]** Die Erfindung schließt die technische Lehre ein, dass in einem Integrationsschritt über eine Integrationsdauer hinweg die digitalen Prozesswerte und gleichzeitig deren analog an das E/A-Gerät übermittelte Prozesswertkopien integriert werden, wonach in einem Vergleichsschritt ein auf dem Integral der Prozesswerte basierendes Maß mit einem auf dem Integral der Prozesswertkopien basierenden Maß verglichen wird.

**[0008]** Vorzugsweise ist dabei das digitale Signal dem HART-Kommunikationsprotokoll gehorchend ausgebildet, und das analoge Signal als Stromsignal mit einer Stromstärke zwischen 0 Milliampere (mA) und 50 mA ausgebildet. Besonders bevorzugt ist eine Stromstärke zwischen 4 mA und 20 mA nach DIN IEC 60381-1.

**[0009]** Vorteilhaft an dem erfindungsgemäßen Verfahren ist unter anderem, dass dadurch, dass die Integration der analogen Kopien der Prozesswerte und die Integration der digitalen Prozesswerte parallel zum laufenden Betrieb des Feldgerätes und des E/A-Gerätes stattfinden. Eine Unterbrechung des Betriebes ist insbesondere also nicht nötig. Durch das E/A-Gerät oder eine andere Recheneinheit können dann die beiden Integrale miteinander verglichen werden, wobei eine Abweichung ein starker Indikator ist für eine fehlerhafte Umwandlung in dem Digital-Analog-Wandler oder dem Analog-Digital-Wandler.

**[0010]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird in einem Initialisierungsschritt durch das E/A-Gerät ein Integrationsstartzeitpunkt oder ein Befehl zum verzögerten oder unverzüglichem Starten der Integration an das Feldgerät übermittelt. Vorzugsweise findet die Signalübertragung dabei auf dem digitalen Signal statt, beispielsweise als gemäß dem HART-Protokoll ausgebildete Variable. Als Teil dieser Übermittlung oder alternativ danach kann bevorzugter Weise in einem Beendigungsschritt durch das EA-Gerät auch ein Integrationsbeendigungszeitpunkt oder eine Integrationsdauer oder ein Befehl zur unverzüglichem oder verzögerten Beendigung der Integration an das Feldgerät übermittelt werden. Durch das E/A-Gerät kann somit während der gesamten Laufzeit der Messeinrichtung oder beispielsweise in periodischen oder unregelmäßigen Abständen eine Integration zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgelöst werden.

**[0011]** Bevorzugterweise wird bei der Übermittlung von Start- oder Endzeitpunkt oder auch der Integrationsdauer oder des Befehls zum verzögerten oder unverzüglichem Auslösen oder Beenden der Integration berücksichtigt, welchen Laufzeiten ein Signal zur Übertragung des Befehls oder der Variable zwischen E/A-Gerät und Feldgerät unterliegt. Somit kann vor allem gewährleistet werden, dass beide Integrationen, also die des digitalen Prozesswertes im Feldgerät und die der analogen Kopie des Prozesswertes im E/A-Gerät, gleichzeitig durchgeführt werden.

**[0012]** Eine Verbesserung des Verfahrens sieht vor, dass in einem Konfigurationsschritt durch eine Kontrolleinheit Parameter zur Genauigkeits- und Driftüberwachung an das E/A-Gerät übermittelt werden. Somit kann automatisiert oder beispielsweise durch einen Benutzer in für den Vergleich relevante Parameter eingegriffen werden.

**[0013]** Beispielsweise kann eine Verringerung der Integrationsdauer verhindern, dass fehlerhafte Schwankungen der Kopie des Prozesswerts, die auf einer Zeitskala liegen, die insbesondere viel kleiner ist als die Integrationsdauer, sich gegenseitig ausgleichen und somit im Integral der Kopien der Prozesswerte oder dem durch Division dieses Integrals

durch die Integrationsdauer errechenbaren Mittelwert der Kopien der Prozesswerte nicht erkennbar sind.

**[0014]** Hingegen kann auch eine Verlängerung der Integrationsdauer vorteilhaft sein, da die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens durch Zeitverzögerungen bei der Signalverarbeitung innerhalb des Feldgerätes und des E/A-Gerätes beeinflusst wird. Dies kann durch Integrationsdauern, die insbesondere viel länger sind als diese Zeitverzögerungen, ausgeglichen oder minimiert werden kann.

**[0015]** Weiter wird das Verfahren dadurch verbessert, dass durch das E/A-Gerät Abweichungen des Integrals der Prozesswerte von dem Integral der Kopien der Prozesswerte und/oder ein Alarm im Falle beispielsweise der Überschreitung einer kritischen Abweichung an eine Kontrolleinheit übermittelt werden. Dadurch kann beispielsweise eine automatisierte Wartung oder Kalibrierung durchgeführt oder auch beispielsweise Wartungspersonal auf die Fehlerquelle hingewiesen werden.

**[0016]** In einer weiteren Verbesserung der Erfindung werden die Integration und der Vergleich zyklisch durchgeführt, mit konstanten oder variierenden zeitlichen Abständen und Integrationsdauern. Somit kann, indem beispielsweise permanent während des laufenden Betriebes Integrationen und Vergleiche durchgeführt werden, insbesondere die Integrationsdauer zyklisch so verändert werden, dass sich über eine bestimmte Dauer hinweg ausgleichende Schwankungen, die durch fehlerhafte Analog-Digital-Wandler und Digital-Analog-Wandler auf das analoge Signal auferlegt werden, in einem Integral kürzerer Integrationsdauer erkennbar sind.

**[0017]** Bevorzugt wird das auf dem Integral der Prozesswerte oder der Prozesswertkopien basierende Maß durch das Integral selbst oder das arithmetische Mittel der Prozesswerte beziehungsweise deren Kopien gebildet. Das arithmetische Mittel wird durch Division des Integrals durch die Integrationsdauer gebildet.

**[0018]** Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Messeinrichtung, deren Feldgerät und E/A-Gerät jeweils eine Recheneinheit umfassen, welche die Integration des Prozesswertes beziehungsweise der analogen Kopie des Prozesswertes durchführt.

**[0019]** Weitere die Erfindung verbessernde Maßnahmen werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der einzigen Figur näher dargestellt. Die Figur zeigt das Schema eines erfindungsgemäßen Messsystems.

**[0020]** Gemäß Figur umfasst ein Feldgerät **1** in einer ersten Ausführungsform einen Sensor **2** und ei-

ne Recheneinheit **3**, wobei der Sensor **2** eine physikalische Größe in einen digitalen Prozesswert **4** umformt und diesen an die Recheneinheit **3** überträgt. Durch die Recheneinheit wird in einem Prozesswert-Integrationsmodul **5** der Prozesswert **4** integriert und außerdem der Prozesswert **4** an einen Digital-Analog-Wandler **6** (DAC) übertragen. Der analoge Ausgang dieses DAC **6** ist elektrisch verbunden mit dem analogen Eingang eines Analog-Digital-Wandlers **7** (ADC). Bei dem analogen Signal **8**, das von dem DAC **6** zu dem ADC **7** übermittelt wird, handelt es sich um ein Stromsignal von 4 mA bis 20 mA. Der ADC **7** ist Teil eines E/A-Gerätes **9**, in dem durch diesen ADC **7** die des digitalen Prozesswertes **4** analoge Kopie digitalisiert wird. Diese digitale Prozesswertkopie **10** wird dann in einem Prozesswertkopie-Integrationsmodul **11** in dem E/A-Gerät **9** gleichzeitig zu der Integration durch das Prozesswert-Integrationsmodul **5** im Feldgerät integriert. Ein Genauigkeits- und Driftüberwachungsmodul **12** vergleicht dann das Integral der digitalen Prozesswertkopie **10** mit dem parallel in Form eines dem HART-Protokoll gehorchend ausgebildeten digitalen Signals **13** übertragenen Integral des digitalen Prozesswertes **4**. Bei Abweichungen der Integrale außerhalb eines zulässigen Bereiches gibt das Genauigkeits- und Driftüberwachungsmodul **12** einen Alarm **14** an ein Kontrollsystem **15** weiter. Zusätzlich wird auch die digitale Prozesswertkopie **10** durch ein Signal **16** an das Kontrollsystem **15** übergeben, welches in Gegenrichtung Parameter **17** für die Genauigkeits- und Driftüberwachung an das E/A-Gerät **9** übergibt.

<b>10</b>	Prozesswertkopie
<b>11</b>	Prozesswertkopie-Integrationsmodul
<b>12</b>	Genauigkeits- und Driftüberwachungsmodul
<b>13</b>	Digitales Signal
<b>14</b>	Alarm
<b>15</b>	Kontrollsystem
<b>16</b>	Signal
<b>17</b>	Parameter
<b>18</b>	Messeinrichtung

**[0021]** In einer weiteren Ausführungsform umfasst das Feldgerät **1** einen Aktor. Dabei bleibt die Wirkrichtung der digitalen Kommunikation erhalten, jedoch ist die Wirkrichtung des analogen Signals **8** vom E/A-Gerät **9** zum Feldgerät **1** gerichtet.

**[0022]** Die Erfindung ist nicht beschränkt auf das vorstehend beschriebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Es sind vielmehr auch Abwandlungen hiervon denkbar, welche vom Schutzbereich der nachfolgenden Ansprüche mit umfasst sind. So ist es beispielsweise auch möglich, dass statt des Integrals der Prozesswerte der Mittelwert der Prozesswerte übertragen wird, also das Integral geteilt durch die Integrationsdauer.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Feldgerät
<b>2</b>	Sensor
<b>3</b>	Recheneinheit
<b>4</b>	Prozesswert
<b>5</b>	Prozesswert-Integrationsmodul
<b>6</b>	Digital-Analog-Wandler (DAC)
<b>7</b>	Analog-Digital-Wandler (ADC)
<b>8</b>	Analoges Signal
<b>9</b>	E/A-Gerät

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- DIN IEC 60381-1 [0008]

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Fehleranalyse einer Messeinrichtung (18), innerhalb derer sowohl über ein digitales Signal (13) als auch über ein analoges Signal (8) zwischen einem digitale Prozesswerte (4) erzeugenden Feldgerät (1) und einem Eingabe-/Ausgabe-Gerät (E/A-Gerät) (9) kommuniziert wird, wobei das analoge Signal (8) durch einen Digital-Analog-Wandler (DAC) (6) erzeugt und durch einen Analog-Digital-Wandler (ADC) (7) empfangen wird, die Fehleranalyse auf einem Vergleich digital und analog übermittelter Daten basierend, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Integrationsschritt über eine Integrationsdauer hinweg die digitalen Prozesswerte (4) und gleichzeitig deren analog an das E/A-Gerät (9) übermittelte Prozesswertkopien (10) integriert werden, wonach in einem Vergleichsschritt ein auf dem Integral der Prozesswerte (4) basierendes Maß mit einem auf dem Integral der Prozesswertkopien (10) basierenden Maß verglichen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das digitale Signal (13) dem HART-Kommunikationsprotokoll gehorchend ausgebildet wird.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das analoge Signal (8) als Stromsignal durch eine Stromstärke zwischen 0 Milliampere (mA) und 50 mA gebildet wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Integration der digitalen Werte durch ein Prozesswert-Integrationsmodul (5) in dem Feldgerät (1) durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Integration der Prozesswertkopien durch ein Prozesswertkopie-Integrationsmodul (11) in dem E/A-Gerät (9) durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor Beginn der beiden Integrationen in einem Initialisierungsschritt durch das E/A-Gerät (9) ein Integrationsstartzeitpunkt oder ein Befehl zum verzögerten oder unverzüglichen Starten der Integration an das Feldgerät (1) übermittelt wird.

7. Verfahren einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor Beendigung der beiden Integrationen entweder in dem Initialisierungsschritt oder in einem Beendigungsschritt durch das E/A-Gerät (9) ein Integrationsbeendigungszeitpunkt oder eine Integrationsdauer oder ein Befehl zum verzögerten oder unverzüglichen Beenden der Integration an das Feldgerät (1) übermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laufzeit von Übermittlungen vom E/A-Gerät (9) an das Feldgerät (1) bei der Übermittlung des Befehls zum Starten oder Beenden der Integration oder des Integrationsstartzeitpunktes oder des Integrationsbeendigungszeitpunktes oder der Integrationsdauer berücksichtigt wird.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Konfigurationsschritt durch eine Kontrolleinheit (15) für den Vergleich oder die Integration relevante Parameter (17) an ein Genauigkeits- und Driftüberwachungsmodul (12) des E/A-Geräts (9) übermittelt werden.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch das E/A-Gerät (9) Abweichungen des auf dem Integral der Prozesswerte (4) basierenden Maßes von dem auf dem Integral der Prozesswertkopien (10) basierenden Maß und/oder ein darauf bezogener Alarm (14) an eine Kontrolleinheit (15) übermittelt werden.

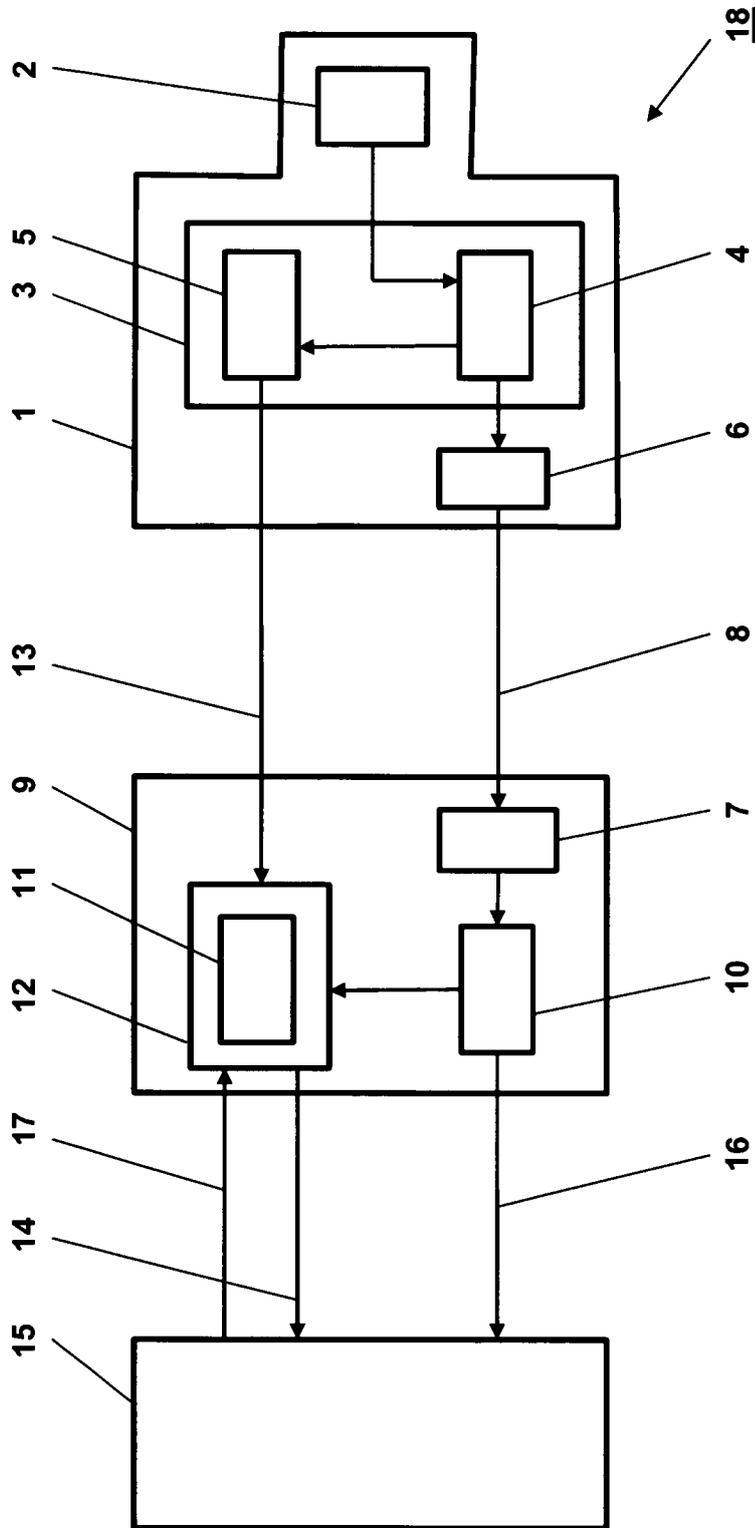
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Integrationen und der Vergleich zyklisch mit konstanten oder variierenden zeitlichen Abständen und Integrationsdauern durchgeführt werden.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das auf dem Integral der Prozesswerte (4) oder der Prozesswertkopien (10) basierende Maß durch das Integral der Prozesswerte (4) oder der Prozesswertkopien (10) oder deren arithmetisches Mittel gebildet wird.

13. Messeinrichtung (18) zur Durchführung eines Verfahrens nach Ansprüchen 1–12, umfassend ein Eingabe/Ausgabe-Gerät (E/A-Gerät) (9) zur Kommunikation mit einem Feldgerät (1), ein digitale Prozesswerte (4) erzeugendes und sowohl über ein digitales Signal (13) als auch über ein analoges Signal (8) mit dem E/A-Gerät (9) kommunizierendes Feldgerät (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Feldgerät (1) ein Prozesswert-Integrationsmodul (5) vorgesehen ist, das einen Programmcode ausführt, der die Integration der digitalen Prozesswerte (4) während einer Integrationsdauer durchführt und das Integral oder den Mittelwert digital an das E/A-Gerät (9) übermittelt, und dass in dem E/A-Gerät (9) ein Prozesswertkopie-Integrationsmodul (11) vorgesehen ist, die einen Programmcode ausführt, der während der gleichen Integrationsdauer die Integration der Prozesswertkopien (10) durchführt.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur