

(19)



(11)

EP 1 773 172 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

06.09.2017 Patentblatt 2017/36

(51) Int Cl.:

A47L 15/42^(2006.01) D06F 39/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05776127.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2005/053589

(22) Anmeldetag: **22.07.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2006/010744 (02.02.2006 Gazette 2006/05)

(54) VERFAHREN ZUM KALIBRIEREN VON SENSOREN

METHOD FOR CALIBRATING SENSORS

PROCEDE D'ETALONNAGE DE CAPTEURS

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

• **FAUTH, Michael**

91785 Pleinfeld (DE)

• **HERING, Reinhard**

89438 Holzheim (DE)

(30) Priorität: **23.07.2004 DE 102004035848**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 862 892 DE-A1- 10 111 006

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

18.04.2007 Patentblatt 2007/16

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 017, Nr. 079 (C-1027), 17. Februar 1993 (1993-02-17) -& JP 04 279136 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 5. Oktober 1992 (1992-10-05)**

(73) Patentinhaber: **BSH Hausgeräte GmbH**

81739 München (DE)

(72) Erfinder:

• **CURTIUS, Georg**

89407 Dillingen (DE)

EP 1 773 172 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren von Sensoren, insbesondere Trübungssensoren in Haushaltgeräten und ein zugehöriges Haushaltgerät zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] In Haushaltgeräten, z. B. Geschirrspülmaschinen oder Waschmaschinen, werden Trübungssensoren zur Ermittlung des Verschmutzungsgrades der Reinigungsflüssigkeit, z. B. Spülflotte oder Spüllauge, eingesetzt. Mit Hilfe der durch den Trübungssensor ermittelten Werte des Verschmutzungsgrades erfolgt die weitere Steuerung des Reinigungsprogramms des Haushaltgerätes. In einer Geschirrspülmaschine besteht das Reinigungsprogramm beispielsweise aus den Teilprogrammschritten "Vorspülen", "Reinigen", "Zwischenspülen", "Klarspülen" und "Trocknen". Innerhalb des Teilprogrammschrittes "Zwischenspülen" werden häufig mehrere Zwischenspülschritte ausgeführt. Durch die Verwendung der von dem Trübungssensor ermittelten Werte des Verschmutzungsgrades kann von der Steuerung der Geschirrspülmaschine bei Unterschreiten eines bestimmten Wertes des Verschmutzungsgrades die Ausführung weiterer Zwischenspülschritte abgebrochen werden. Damit kann eine erhebliche Wasser- und Energieeinsparung bei gleichen Reinigungsergebnissen erzielt werden. Außerdem kann bei einem geringen Verschmutzungsgrad beim "Vorspülen" die Spülflotte aus dem "Vorspülen" für den Teilprogrammschritt "Reinigen" verwendet werden.

[0003] Die Messung der Trübung erfolgt im Allgemeinen durch das Hindurchleiten von Licht durch die Reinigungsflüssigkeit. Es sind jedoch auch andere physikalische Messverfahren, z. B. mit Schall denkbar. Bei der Verwendung des physikalischen Prinzips des Hindurchleitens von Licht durch die Reinigungsflüssigkeit, wobei Teilchen in der Reinigungsflüssigkeit als Suspension einen Teil des Lichts zurückhalten, ist eine Sende- und Empfangsvorrichtung für Licht notwendig. Bei der Sendevorrichtung handelt es sich beispielsweise um eine Lampe oder eine Leuchtdiode sowie bei der Empfangsvorrichtung z. B. um einen Fototransistor. Die Sende- und Empfangsvorrichtungen sind jedoch Abnutzungs- und Alterungsveränderungen ausgesetzt. Außerdem können zum Teil erhebliche Ablagerungen an den optischen Einrichtungen auftreten. Temporäre Verunreinigungen an den Sende- und Empfangsvorrichtungen können zu erheblichen Fehlern bei den Messungen führen. Dies führt im Laufe der Zeit zu sukzessive zunehmenden Fehlern bei den Messungen der Trübung der Reinigungsflüssigkeit. Dadurch kommt es zu Fehlern bei der Steuerung des Haushaltgerätes.

[0004] Aus der EP 0 862 892 B1 ist ein Haushaltgerät mit einer Messeinrichtung zum Ermitteln des Verschmutzungsgrades einer Reinigungsflüssigkeit bekannt. Um Fehlmessungen zu verhindern wird eine Abgleichmessung mit der Messeinrichtung in einem Reinigungsprogramm, in welchem die Messeinrichtung zum Ermitteln des Verschmutzungsgrades der Reinigungsflüssigkeit verwendet wird, vorhergehenden Reinigungsprogramm durchgeführt, wobei dies vorzugsweise in einem Programmteil mit unverschmutzter Spülflüssigkeit, z. B. dem Klarspülen, durchgeführt wird. Der Messwert für die Abgleichung der Messeinrichtung im nachfolgenden Reinigungsprogramm ist in einem nicht-flüchtigen Speicher speicherbar. Nachteilig ist hierbei, dass bei einem geringen oder ausgeblendeten Zwischenspülen auch beim Klarspülen nicht unerhebliche Verunreinigungen in der Spülflotte enthalten sein können, so dass die Messergebnisse verfälscht sein können. Des Weiteren wird nur eine Abgleichmessung ausgeführt, so dass bei zufällig auftretenden starken Verschmutzungen, z. B. an der Sendevorrichtung durch punktuelle Ablagerungen, Messwerte für die Abgleichung der Messeinrichtung mit erheblichen Fehlern die Folge sind.

[0005] Aus der DE 101 11 006 A1 ist ein Verfahren zum Abgleichen eines Trübungssensors bekannt. Innerhalb eines Spülprogramms werden mehrere Kalibrierwertmessungen zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt und in einer ersten Speichertabelle gespeichert, wobei Kalibrierwertmessungen in mehreren Spülprogrammen durchgeführt werden. Aus diesen Kalibrierwertmessungen wird für jedes Spülprogramm der Kalibrierwert mit dem geringsten Verschmutzungsgrad durch Selektion ermittelt und in einer zweiten Speichertabelle eingeschrieben. Aus den gespeicherten, selektierten Kalibrierwertmessungen der zweiten Speichertabelle wird der Mittelwert berechnet, welcher den Referenzwert bildet für die Messung mit dem Trübungssensor.

[0006] Nachteiligerweise bildet nur eine relativ geringe Anzahl von Kalibrierwertmessungen die Grundlage für die Ermittlung des Referenzwertes, welcher nur der Mittelwert aus mehreren Einzelmessungen innerhalb eines Spülprogramms ist. Damit können Fehlerquellen, die bei mehreren Spülprogrammen oder nur innerhalb eines gesamten Spülprogramms auftreten, z. B. eine Verunreinigung auf der Optik der Sendevorrichtung, nicht erkannt werden. Aufgrund der Ermittlung des Referenzwertes durch eine bloße Mittelwertbildung aus sämtlichen Kalibrierwertmessungen zu je einem Spülprogramm fließen diese mit häufig erheblichen Fehlern belasteten Kalibrierwertmessungen bei der Mittelwertbildung nachteiligerweise mit ein. Liegt eine Verunreinigung beispielsweise bei den drei vorhergehenden Spülprogrammen vor und wird diese Verunreinigung in einem nachfolgenden Spülprogramm wieder beseitigt, erfolgt trotzdem die Messung mit dem Referenzwert aus dem Mittelwert der häufig fehlerbehafteten Einzelmessungen, wobei sich dieser Fehler fortsetzt, bis sämtliche Kalibrierwertmessungen, die Basis für den Referenzwert bilden, nicht mehr durch temporäre Verunreinigungen fehlerbehaftet sind.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher, ein Verfahren und ein zugehöriges Haushaltgerät zur Durchführung des Verfahrens bereitzustellen, welches es erlaubt, auf einfache Weise unter sämtlichen Betriebsbedingungen eines Haushaltgerätes, insbesondere bei temporären Verunreinigungen, ein zuverlässiges Kalibrieren von Sensoren, z. B. von Trübungssensoren, zu ermöglichen.

EP 1 773 172 B1

[0008] Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Kalibrierung von Sensoren gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch Unteransprüche gekennzeichnet.

[0009] Im erfindungsgemäßen Verfahren zur Kalibrierung eines Sensors, insbesondere eines Trübungssensors in einem Haushaltgerät, z. B. eine Geschirrspülmaschine oder eine Waschmaschine, mit Hilfe von Referenzwerten werden die folgenden Schritten ausgeführt:

- Ermitteln von wenigstens zwei Messwerten in wenigstens einem Reinigungsprogrammablauf,
- Selektion wenigstens eines Messwertes durch Methoden der Statistik oder Wahrscheinlichkeitsrechnung, der im folgenden Schritt nicht mehr berücksichtigt wird,
- Ermittlung wenigstens eines möglichen Referenzwertes für die Kalibrierung des Sensors aus den nicht selektierten Messwerten und
- Selektion eines optimalen Referenzwertes aus wenigstens einem möglichen Referenzwert, sofern mehr als zwei mögliche Referenzwertes ermittelt wurden.

[0010] Zweckmäßigerweise wird die Selektion des wenigstens einen Messwertes durch Methoden der Statistik oder Wahrscheinlichkeitsrechnung, der im folgenden Schritt nicht mehr berücksichtigt wird, jeweils aus einer Reihe von Messwerten ausgeführt wird, die zu gleichen Zeitpunkten innerhalb eines Spülprogrammablaufes gemessen wurden. Damit werden Messwerte selektiert, die zu gleichen Zeitpunkten innerhalb eines Spülprogrammablaufes gemessen wurden, so dass diese untereinander ähnlich und für weitere Auswahlverfahren oder Berechnungen geeignet sind.

[0011] Vorzugsweise werden zur Selektion von wenigstens einem Messwert die folgenden Schritte ausgeführt:

- Ermitteln des arithmetischen Durchschnittes für die Messwerte gemäß der Formel

$$d_a = \frac{m_a^1 + m_a^2 + m_a^3 + m_a^4 + \dots + m_a^s}{s},$$

- Bestimmung des mittleren Fehlerquadrates nach der Formel

$$\sigma_a^2 = \frac{(m_1^1 - d_a)^2 + (m_1^2 - d_a)^2 + \dots + (m_1^s - d_a)^2}{s},$$

- Ermittlung der wahrscheinlichen Grenzen des möglichen Referenzwertes, wobei diese innerhalb

$$d_a \pm \frac{0,6746}{\sqrt{s}}$$

liegen und

- Selektion der Messwerte, die außerhalb dieser Grenzen liegen.

[0012] In einer weiteren Variante wird, falls kein Messwert außerhalb der wahrscheinlichen Grenzen des möglichen Referenzwertes liegt, das Intervall der wahrscheinlichen Grenzen des möglichen Referenzwertes kleiner angesetzt wird, so dass wenigstens ein Messwert außerhalb liegt und dieser wenigstens ein Messwert selektiert. Dadurch wird immer wenigstens ein Messwert selektiert. Das Verfahren kann dadurch an sich ändernde Verhältnisse angepasst werden.

[0013] In einer weiteren Variante werden zur Ermittlung der wahrscheinlichen Grenzen des möglichen Referenzwertes vorzugsweise ab Werk vorgegebene empirische Werte ergänzend herangezogen, welche im Verfahrensablauf an sich ändernde Verhältnisse automatisch angepasst werden. Dadurch kann das Verfahren auch bei einem neuen Haushaltgerät optimal angewendet werden und es erfolgt eine automatische Anpassung an sich ändernde Verhältnisse, z. B. Verunreinigungen, so dass das erfindungsgemäße Verfahren "lernfähig" ist.

[0014] Vorzugsweise wird die Ermittlung des wenigstens einen möglichen Referenzwertes für die Kalibrierung des Sensors aus den verbleibenden, nicht selektierten Messwerten durch Mittelwertbildung durchgeführt. Dadurch können die möglichen Referenzwerte für die Reihen von Messwerten für die Messwerte zu je einem Zeitpunkt auf einfache Weise ermittelt werden und unter Umständen noch vorhandene Fehlmessungen haben aufgrund der Mittelwertbildung nur einen geringen Einfluss.

[0015] Zweckmäßigerweise wird die Ermittlung des wenigstens einen möglichen Referenzwertes für die Kalibrierung des Sensors aus den verbleibenden, nicht selektierten Messwerten durch Selektion eines Messwertes mittels Methoden

der Statistik oder Wahrscheinlichkeitsrechnung ausgeführt wird. Dadurch können Fehler, die aus einzelnen unter Umständen noch vorhandenen Fehlmessungen resultieren, ausgeschlossen werden, weil nur ein einzelner Messwert ausgewählt wird.

[0016] In einer weiteren Variante wird der Messwert mit der höchsten Wahrscheinlichkeitsdichte innerhalb der nicht selektierten Messwerte ausgewählt. Damit können mögliche Fehler gegenüber einer Mittelwertbildung, dem Messwerte zu Grunde liegen, die unter Umständen fehlerbehaftet sind, ausgeschlossen werden.

[0017] Vorzugsweise wird derjenige Messwert als Referenzwert ausgewählt, der dem arithmetischen Mittelwert der nicht selektierten Messwerte am nächsten liegt, durch folgende Schritte:

- Ermittlung der arithmetischen Mittelwerte der nicht selektierten Messwerte,
- Ermittlung des Betrages der Differenz aus dem arithmetischen Mittelwert und dem jeweiligen Messwert, wobei derjenige Messwerten ausgewählt wird, bei welchem der Betrag der Differenz am kleinsten ist.

[0018] In einer ergänzenden Variante wird aus den möglichen Referenzwerten der optimalste, d. h. im Allgemeinen der Referenzwert mit dem kleinsten Verschmutzungsgrad, als Referenzwert für die Kalibrierung des Sensors ausgewählt.

[0019] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Zuhilfenahme der nachfolgenden Zeichnungen beispielhaft erläutert: Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Trübungssensors,

Fig. 2 ein schematisches Ablaufdiagramm für ein Spülprogramm in einer Geschirrspülmaschine,

Fig. 3 ein erfindungsgemäßes Ablaufschema für die Ermittlung eines Referenzwertes für die Kalibrierung des Trübungssensors und

Fig. 4 ein weiteres erfindungsgemäßes Ablaufschema für die Ermittlung des Referenzwertes für die Kalibrierung des Trübungssensors.

[0020] In Fig. 1 ist schematisiert ein Trübungssensor 6 dargestellt. Er verfügt über eine Sendevorrichtung 1 als Lampe, welche vorzugsweise sichtbares Licht emittiert. Die Sendevorrichtung 1 kann auch elektromagnetische Wellen aus anderen beliebigen Frequenzbereichen, z. B. Infrarotlicht, emittieren. In einer Empfangsvorrichtung 2 als Photozelle wird das auf ihr auftreffende Licht in Strom umgewandelt. Zwischen der Sendevorrichtung 1 und der Empfangsvorrichtung 2 befindet sich die Spülflotte 3 mit Verunreinigungen. Eine Steuerungs- und Auswerteeinheit 4 versorgt die Sendevorrichtung 1 mit Strom und wertet den von der Empfangsvorrichtung 2 gelieferten Strom aus. Die Sendevorrichtung 1 und die Empfangsvorrichtung 2 sind über elektrische Leitungen 5 mit der Steuerungs- und Auswerteeinheit 4 verbunden. Die Steuerungs- und Auswerteeinheit 4 kann auch Teil der Steuerung einer erfindungsgemäßen Geschirrspülmaschine sein, d. h. es ist keine separate Steuerungs- und Auswerteeinheit 4 für den Trübungssensor 6 notwendig. Aufgrund der Änderung des auf der Empfangseinheit 2 auftreffenden Lichts bei vorzugsweise konstanter Stromversorgung für die Sendevorrichtung 1 wird der Verschmutzungsgrad der Spülflotte 3 ermittelt. Je geringer der von der Empfangsvorrichtung 2 gelieferte Strom, desto größer ist der Verschmutzungsgrad. Der Trübungssensor 6 kann in der erfindungsgemäßen Geschirrspülmaschine z. B. im Spülbehälter oder in einer Leitung für Spülflotte eingebaut sein. Mit Hilfe dieses Wertes des Verschmutzungsgrades wird von der Steuerung der erfindungsgemäßen Geschirrspülmaschine der weitere Programmablauf gesteuert. Beispielsweise wird bei Unterschreiten eines bestimmten Verschmutzungsgrades die Durchführung weiterer Zwischenspülschritte abgebrochen oder es erfolgt zwischen Vorspülen und Reinigen kein Wechsel der Spülflotte.

[0021] In Fig. 2 ist ein üblicher Spülprogrammablauf s einer Geschirrspülmaschine dargestellt. Auf der Abszissenachse ist die Zeit angetragen und auf der Ordinatenachse die Menge der Spülflotte in der Geschirrspülmaschine. Der Spülprogrammablauf besteht aus den Teilprogrammschritten "Vorspülen", "Reinigen", "Zwischenspülen", "Klarspülen" und "Trocknen". Der oder die Messwerte m_1^1, m_2^1, m_3^1 und m_4^1 (m_a^s mit a als Zeitpunkt t_a der Messungen innerhalb eines Spülprogrammablaufes und s als Zahl der Messungen eines Messwertes m_a^s zum jeweils gleichen Zeitpunkt t_a in den Spülprogrammabläufen $s=1, 2, 3$ bis s). Für die Kalibrierung des Trübungssensors 6 werden die Messwerte m_1^1, m_2^1, m_3^1 und m_4^1 jeweils zu den Zeitpunkten $t_a = t_1, t_2, t_3$ und t_4 bestimmt. Es kann innerhalb eines Spülprogrammablaufes s nur ein Messwert, vorzugsweise im Teilprogrammschritt "Klarspülen", gemessen werden oder auch mehrere Referenzwerte innerhalb des Spülprogramms, wobei auch innerhalb eines Teilprogrammschrittes, z. B. "Klarspülen", mehrere Messwerte, z. B. m_3^1, m_4^1 , für die Kalibrierung des Trübungssensors 6 gemessen werden können. Die Messwerte m_a^s zu einem Zeitpunkt t_a sind als Messreihe in Spalten in Fig. 2 untereinander angeordnet. Innerhalb eines Spülprogrammablaufes erfolgt die Messung der Messwerte jeweils zum gleichen Zeitpunkt. Es wurden gemäß Fig. 2 vier Messungen zu unterschiedlichen Zeiten $t_a = t_1, t_2, t_3$ und t_4 je Spülprogrammablauf s durchgeführt, so dass vier Spalten von Messreihen

in Fig. 2 vorhanden sind. Für unterschiedliche Spülprogramme, z. B. Sanft 50°, Intensiv 70° oder Automatic 55°-65°, mit unterschiedlicher Dauer der einzelnen Teilprogrammschritte erfolgt die Messung jeweils zum gleichen Zeitpunkt nach dem Beginn oder vor dem Ende eines Teilprogrammschrittes. Außerdem kann das Verfahren auch dahingehend verfeinert werden, dass für jedes unterschiedliche Spülprogramm mit wenigstens einer Messung eine gesonderte Messreihe gespeichert wird. Bei dieser Vorgehensweise entspricht die Zahl der Messreihen nicht der Zahl der Messzeitpunkte t_a , sondern der Summe der einzelnen Messzeitpunkte t_a aufsummiert für jedes einzelne Spülprogramm.

[0022] In Fig. 3 ist ein erfindungsgemäßes Ablaufschema für die Ermittlung des Referenzwertes m_a^s dargestellt. Im obersten Abschnitt sind die Messwerte m_a^s dargestellt. In einer Spalte sind jeweils die Messwerte m_a^s aus den Spülprogrammabläufen $s=1$ bis s zum jeweils gleichen Zeitpunkt t_a dargestellt. Die Messerte m_a^s werden vorzugsweise gleitend an den jeweils zum aktuellen Spülprogrammablauf $s+1$ vorhergehenden Spülprogrammabläufen $s=1$ bis s ermittelt. Hierbei ist auch eine andere Vorgehensweise möglich, z. B. werden die Messwerte m_a^s nur aus Spülprogrammabläufen s ermittelt, die eine geringe Beladung haben, sofern z. B. entsprechende Beladungssensoren vorhanden sind. Die Zahl der Messzeitpunkte t_a entspricht damit der Zahl der Spalten. In der ersten Spalte sind z. B. zum Zeitpunkt t_1 die Messwerte $m_{a=1}^{s=1}$ bis s der Spülprogrammabläufe $s=1$ bis s aufgeführt, wobei hierin auch Messwerte m_a^s aus unterschiedlichen Spülprogrammen enthalten sind.

[0023] Unterhalb dieser Spalten ist eine Operationseinheit dargestellt. In dieser obersten Operationseinheit erfolgt durch vorzugsweise statistische Methoden eine Selektion wenigstens eines Messwertes m_a^s , der bei den weiteren Schritten nicht mehr berücksichtigt wird. Ein Beispiel für eine derartige statistische Methode wird weiter unten beschrieben. Es kommen neben statistischen Methoden auch andere Methoden in Betracht, z. B. mit Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Unterhalb der Operationseinheit sind die Messwerte m_a^s wieder in Spalten aus den Spülabläufen s angeordnet, wobei jeweils ein Messwert m_a^s selektiert wurde. Beispielsweise in der 2. Spalte von links wurde der Messwert m_2^2 aus dem Spülablauf $s=2$ aussortiert. Unterhalb dieser Spalten ist in Fig. 3 eine Operationseinheit dargestellt. In der Operationseinheit wird der Mittelwert der verbleibenden Messwerte m_a^s einer Spalte gebildet, d. h.

$\overline{m_a^s}$ als möglicher Referenzmesswert ermittelt. Aus diesen Mittelmesswerten $\overline{m_a^s}$ wird im darauffolgenden Operator

der optimale Mittelmesswert $\overline{m_a^s}$ ausgewählt, welcher im Allgemeinen der Mittelmesswert $\overline{m_a^s}$ mit dem kleinsten

Verschmutzungsgrad, d. h. der größte Mittelmesswert $\overline{m_a^s}$ ist. Dieser optimale Mittelmesswert $\overline{m_a^s}$ ist der Referenzwert für die Trübungsmessung im vorzugsweise darauffolgenden Spülprogramm. Neben dem Kriterium des kleinsten Verschmutzungsgrades können auch andere Kriterien, z. B. nur mögliche Referenzwerte aus einer bestimmten Spalte, wobei diese Kriterien auch ab Werk vorgegeben und/oder automatisch angepasst werden können.

[0024] Alternativ zu dieser Vorgehensweise kann entsprechend Fig. 4 in dieser Operationseinheit auch aus den selektierten Messwerten m_a^s durch Auswahlverfahren, z. B. mit Methoden der Statistik, der Fehlertheorie oder der Wahrscheinlichkeitsrechnung, ein einziger Messwert m_a^{*s} aus je einer Spalte von Messwerten m_a^s für je ein t_a , d. h. Spalte, ausgewählt werden. Aus diesen Messwerten m_a^{*s} als mögliche Referenzwerte wird im darauffolgenden Operator der optimale Messwert m_a^{*s} ausgewählt, welcher im Allgemeinen der Messwert m_a^{*s} mit dem kleinsten Verschmutzungsgrad, d. h. der größte Messwert m_a^{*s} ist. Dieser optimale Messwert m_a^{*s} ist der Referenzwert für die Trübungsmessung im vorzugsweise darauffolgenden Spülprogramm.

[0025] Nachfolgend wird eine statistische Methode zur Selektion wenigstens eines Messwertes m_a^s entsprechend der obersten Operationseinheit in Fig. 3 und Fig. 4 beschrieben:

[0026] Die Messwerte m_a^s stellen eine Zahlenreihe $m_1^1, m_1^2, m_1^3, m_1^4, m_1^5, \dots, m_1^s$ für Spülprogrammabläufe s für Messwerte zu einem Zeitpunkt t_a dar. Aus diesen Messwerten m_a^s wird der arithmetische Durchschnitt d_1 bis d_a für Messwerte m_a^s zu den Zeitpunkten t_1 bis t_a ermittelt mit s als Zahl der Messwerte m_a^s zu einem Zeitpunkt t_a

$$d_a = \frac{m_a^1 + m_a^2 + m_a^3 + m_a^4 + \dots + m_a^s}{s}$$

[0027] Daran anschließend wird das mittlere Fehlerquadrat σ_a^2 je für $a=1, 2$ bis a bestimmt.

$$\sigma_a^2 = \frac{(m_1^1 - d_a)^2 + (m_1^2 - d_a)^2 + \dots + (m_1^s - d_a)^2}{s}$$

[0028] Die wahrscheinlichen Grenzen des Referenzwertes m_a^s oder $\overline{m_a^s}$ sind nach den Gesetzen der Fehlertheorie

$$d_a \pm \frac{0,6746}{\sqrt{s}}$$

[0029] Anschließend wird in einem Algorithmus geprüft, ob Messwerte m_a^s außerhalb dieser wahrscheinlichen Grenze liegen. Liegen Messwerte m_a^s außerhalb, so werden diese selektiert. Falls eine im Verhältnis zur Zahl der Messwerte m_a^s zu große Zahl von Messwerten m_a^s außerhalb liegt, können nur diejenigen Messwerte m_a^s ausgeschlossen werden, welche um einen bestimmten Wert außerhalb der wahrscheinlichen Grenze liegen. Liegen keine Messwerte m_a^s außerhalb der wahrscheinlichen Grenze, sind Messwerte m_a^s auszuschließen, die um einen bestimmten Wert innerhalb der wahrscheinlichen Grenzen liegen. Hierfür können ab Werk auch empirisch ermittelte Werte vorgegeben werden, welche im Verfahrensablauf vorzugsweise an sich ändernde Verhältnisse arithmetisch angepasst werden.

[0030] Dieses Verfahren wird für alle Reihen der Messwerte m_a^s zu den jeweiligen Zeitpunkten t_a durchgeführt.

[0031] Es ist auch möglich anstatt der Mittelwerte d_a nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Messwerte m_a^s zu bestimmen und denjenigen oder diejenigen Messwerte m_a^s mit der geringsten oder der geringsten Wahrscheinlichkeit zu selektieren, siehe Fig. 4.

[0032] Im Nachfolgenden wird eine Methode der Wahrscheinlichkeitsrechnung zur Auswahl eines Messwertes m_a^s entsprechend der von oben zweiten Operationseinheit nach Fig. 4 zur Verwendung als Referenzwert für die Kalibrierung eines Trübungssensors aus einer Reihe von Messwerten m_a^s , z. B. $m_1^1, m_1^2, m_1^3, m_1^4, m_1^5, \dots, m_1^s$ für Spülprogrammabläufe s erläutert.

[0033] Nach der Gaußschen Hypothese vom arithmetischen Mittel ist die Wahrscheinlichkeitsdichte für den arithmetischen Mittelwert der Messwert m_a^s am größten, unabhängig davon wie das Gaußsche Fehlergesetz beschaffen ist.

[0034] Aus der nach der Selektion wenigstens eines Messwertes m_a^s verbleibenden Messwerte m_a^s wird das arithmetische Mittel d' bestimmt. Anschließend ist der Abstand der einzelnen Messwerte m_a^s von diesem arithmetischen Mittel d' mit d'_1, d'_2, \dots, d'_a zu bestimmen, d. h. der Betrag $|d'_a - m_a^s|$. Aus diesen Zahlenreihen wird der kleinste Wert mit einem Algorithmus ausgewählt. Der zu diesen kleinsten Wert gehörende Messwert m_a^s wird als möglicher Referenzwert für die Kalibrierung des Trübungssensors verwendet.

[0035] Als Ausgangsbasis für diese Auswahl eines Messwertes m_a^s zur Verwendung als Referenzwert können in einer weiteren Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens auch die Messwerte m_a^s vor der Selektion in der obersten Operationseinheit des wenigstens einen Messwertes m_a^s ausgewählt werden. Die in Fig. 4 vorhandene oberste Operationseinheit wird somit nicht genutzt.

[0036] Aus diesen möglichen Referenzwerten m_a^s , deren Anzahl a der Zahl a der Zeitpunkte t_a für Messung der Messwerte m_a^s innerhalb der Spülprogrammabläufe s entspricht, wird der optimalste Referenzwert ausgewählt, welcher im Allgemeinen der Referenzwert mit des kleinsten Verschmutzungsgrades ist. Dies erfolgt mit Hilfe eines entsprechenden Algorithmus zur Bestimmung des größten Wertes.

[0037] Abweichend von dieser Vorgehensweise kann nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung für jeden Messwert m_a^s die Wahrscheinlichkeitsdichte ermittelt werden und derjenige Messwert als Referenzwert ausgewählt werden, der die größte Wahrscheinlichkeitsdichte aufweist. Die in diesem Verfahren ermittelten Zwischen- oder Endwerte werden vorzugsweise in nicht-flüchtigen Speichern zwischengespeichert. Die Steuerung wird mit einem entsprechenden Computersystem durchgeführt.

[0038] Das vorliegende erfindungsgemäße Verfahren zum Kalibrieren von Sensoren in Haushaltgeräten ermöglicht durch die Selektion einzelner Messwerte durch statistische Methoden Fehler zu minimieren, die aus der Verwendung von Messwerten mit großen Abweichungen, z. B. durch temporäre Verunreinigungen, innerhalb einer Messreihe zur Ermittlung des Referenzwertes resultieren. Einzelne Messwerte mit großen Abweichungen werden insbesondere mit statistischen Methoden selektiert.

[0039] Die Auswahl eines einzelnen Messwertes als Referenzwert, insbesondere mit Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung, erlaubt gegenüber einer Mittelwertbildung den Fehler, der durch Messwerte mit insbesondere starken Abweichungen, bedingt durch Fehlmessungen, z. B. bei kurzfristig vorhandenen Ablagerungen auf den Empfangs- oder Sendevorrichtungen, entsteht, zu verhindern.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung eines Sensors, insbesondere eines Trübungssensors (6) in einem Haushaltgerät, z. B. eine Geschirrspülmaschine oder eine Waschmaschine, mit Hilfe von Referenzwerten ($\overline{m_a^s}, m_a^s$) mit folgenden

EP 1 773 172 B1

Schritten:

- Ermitteln von wenigstens zwei Messwerten (m_a^s) in wenigstens einem Reinigungsprogrammablauf (s),
- Selektion wenigstens eines Messwertes (m_a^s) durch Methoden der Statistik oder Wahrscheinlichkeitsrechnung, der im folgenden Schritt nicht mehr berücksichtigt wird und
- Ermittlung wenigstens eines möglichen Referenzwertes ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) für die Kalibrierung des Sensors aus den nicht selektierten Messwerten (m_a^s) und
- Selektion eines optimalen Referenzwertes ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) aus dem wenigstens einem möglichen Referenzwert ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}), sofern mehr als zwei mögliche Referenzwerte ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) ermittelt wurden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Selektion des wenigstens einen Messwertes (m_a^s) durch Methoden der Statistik oder Wahrscheinlichkeitsrechnung, der im folgenden Schritt nicht mehr berücksichtigt wird, jeweils aus einer Reihe von Messwerten (m_a^s) ausgeführt wird, die zu gleichen Zeitpunkten (t_a) innerhalb eines Spülprogrammablaufes (s) gemessen wurden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Selektion von wenigstens einem Messwert (m_a^s) die folgenden Schritte ausgeführt werden:

- Ermitteln des arithmetischen Durchschnittes (d_1 bis d_a) für die Messwerte (m_a^s für $a= 1, 2, \dots, a$) gemäß der Formel

$$d_a = \frac{m_a^1 + m_a^2 + m_a^3 + m_a^4 + \dots + m_a^s}{s},$$

- Bestimmung des mittleren Fehlerquadrates (σ_a^2 für σ_1^2 bis σ_a^2) mit d_a aus dem ersten Schritt nach der Formel

$$\sigma_a^2 = \frac{(m_1^1 - d_a)^2 + (m_1^2 - d_a)^2 + \dots + (m_1^s - d_a)^2}{s},$$

- Ermittlung der wahrscheinlichen Grenzen des möglichen Referenzwertes (m_a^{*s} , $\overline{m_a^s}$ für m_1^{*s} , $\overline{m_1^s}$ bis m_a^{*s} , $\overline{m_a^s}$), wobei diese innerhalb

$$d_a \pm \frac{0,6746}{\sqrt{s}}$$

liegen und

- Selektion der Messwerte (m_a^s), die außerhalb dieser Grenzen liegen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** falls kein Messwert (m_a^s) außerhalb der wahrscheinlichen Grenzen des möglichen Referenzwertes (m_a^{*s} , $\overline{m_a^s}$) liegt, das Intervall der wahrscheinlichen Grenzen des möglichen Referenzwertes (m_a^{*s} , $\overline{m_a^s}$) kleiner angesetzt wird, so dass wenigstens ein Messwert (m_a^s) außerhalb liegt und dieser wenigstens eine Messwert (m_a^s) selektiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung der wahrscheinlichen Grenzen des möglichen Referenzwertes (m_a^{*s} , $\overline{m_a^s}$) vorzugsweise ab Werk vorgegebene empirische Werte ergänzend herangezogen werden, welche im Verfahrensablauf an sich ändernde Verhältnisse automatisch angepasst werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung des wenigstens einen möglichen Referenzwertes ($\overline{m_a^s}$) für die Kalibrierung des Sensors aus den verbleibenden, nicht selektierten Messwerten (m_a^s) durch Mittelwertbildung durchgeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung des wenigstens einen möglichen Referenzwertes (m_a^{*s}) für die Kalibrierung des Sensors aus den verbleibenden, nicht selektierten Messwerten (m_a^s) durch Selektion eines Messwertes (m_a^s) mittels Methoden der Statistik oder Wahrscheinlichkeitsrechnung ausgeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messwert (m_a^s) mit der höchsten Wahrscheinlichkeitsdichte innerhalb der nicht selektierten Messwerte (m_a^s) ausgewählt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** derjenige Messwert (m_a^s) als möglicher Referenzwert (m_a^{*s}) ausgewählt wird, der dem arithmetischen Mittelwert der nicht selektierten Messwert m_a^s am nächsten liegt durch folgende Schritte:
- Ermittlung der arithmetischen Mittelwerte (d'_a für $a= 1, 2, a$) der nicht selektierten Messwerte (m_a^s)
 - Ermittlung des Betrages von $|d'_a - m_a^s|$, wobei derjenige Messwert (m_a^s) ausgewählt wird, bei welchem der Betrag von $|d'_a - m_a^s|$ am kleinsten ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den möglichen Referenzwerten ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) der optimalste, d. h. im Allgemeinen der Referenzwert ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) mit dem kleinsten Verschmutzungsgrad, als Referenzwert ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) für die Kalibrierung des Sensors ausgewählt wird.

Claims

1. Method for calibrating a sensor, in particular a turbidity sensor (6) in a domestic appliance, e.g. a dishwasher or a washing machine, with the aid of reference values ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) with the following steps:
- establishing at least two measured values (m_a^s) in at least one cleaning program sequence (s),
 - selection of at least one measured value (m_a^s) by methods of statistics or probability calculation, which are not taken into further consideration in the following step and
 - establishing at least one possible reference value ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) for the calibration of the sensor from the measured value (m_a^s) not selected and
 - selection of an optimal reference value ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) from the at least one possible reference value ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}), provided more than two possible reference values ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) have been established.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the selection of the at least one measured value (m_a^s) by methods of statistics or probability calculation, which are not taken into further consideration in the following step, is embodied from a series of measured values (m_a^s) which were measured at the same points in time (t_a) within a rinse program sequence (s).
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the following steps are carried out in order to select at least one measured value (m_a^s):
- establishing the arithmetic average (d_1 to d_a) for the measured values (m_a^s for $a= 1, 2, \dots, a$) according to the formula

$$d_a = \frac{m_a^1 + m_a^2 + m_a^3 + m_a^4 + \dots + m_a^s}{S},$$

5 - determining the mean squared error (σ_a^2 for $(\sigma_1^2$ to (σ_a^2) with d_a from the first step according to the formula

$$\sigma_a^2 = \frac{(m_1^1 - d_a)^2 + (m_1^2 - d_a)^2 + \dots + (m_1^s - d_a)^2}{S},$$

10 - establishing the probable limits of the possible reference value ($m_{a^s}^*$, $\overline{m_a^s}$ for $m_{1^s}^*$, $\overline{m_1^s}$ to $m_{a^s}^*$, $\overline{m_a^s}$), wherein these lie between

$$15 \quad d_a \pm \frac{0.6746}{\sqrt{S}}$$

and

20 - selection of the measured values (m_a^s), which lie outside said limits.

4. Method according to claim 3, **characterised in that** should no measured value (m_a^s) lie outside the probable limits of the possible reference value ($m_{a^s}^*$, $\overline{m_a^s}$), the interval of the probable limits of the possible reference value ($m_{a^s}^*$, $\overline{m_a^s}$) is set smaller, so that at least one measured value (m_a^s) lies outside and said at least one measured value (m_a^s) is selected.

5. Method according to claim 4 or 5, **characterised in that** in order to establish the probable limits of the possible reference value ($m_{a^s}^*$, $\overline{m_a^s}$), empirical values predefined ex works are preferably also employed, which are automatically adjusted to changing conditions in the method sequence.

6. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the establishing of the at least one possible reference value ($\overline{m_a^s}$) for the calibration of the sensor from the remaining measured values (m_a^s) not selected is carried out by averaging.

7. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the establishing of the at least one possible reference value ($m_{a^s}^*$) for the calibration of the sensor from the remaining measured values (m_a^s) not selected is performed by selection of a measured value (m_a^s) by means of methods of statistics or probability calculation.

8. Method according to claim 7, **characterised in that** the measured value (m_a^s) with the highest probability density within the measured values (m_a^s) not selected is chosen.

9. Method according to claim 7 or 8, **characterised in that** that measured value (m_a^s), which is closest to the arithmetic average value of the measured value m_a^s not selected, is chosen as a possible reference value ($m_{a^s}^*$) by the following steps:

- establishing the arithmetic average values (d'_a for $a= 1, 2, a$) of the measured values (m_a^s) not selected
- establishing the value of $|d'_a - m_a^s|$, wherein that measured value (m_a^s) is chosen, for which the value of $|d'_a - m_a^s|$ is smallest.

10. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** from the possible reference values ($\overline{m_a^s}$, $m_{a^s}^*$), the most optimal, i.e. generally the reference value ($\overline{m_a^s}$, $m_{a^s}^*$) with the smallest degree of contamination, is chosen as reference value ($\overline{m_a^s}$, $m_{a^s}^*$) for the calibration of the sensor.

Revendications

1. Procédé d'étalonnage d'un capteur, en particulier d'un capteur de turbidité (6) dans un appareil ménager, p. ex. un lave-vaisselle ou un lave-linge, à l'aide de valeurs de référence ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}), comprenant les étapes suivantes :

- détermination d'au moins deux valeurs de mesure (m_a^s) pendant le déroulement (s) d'au moins un programme de nettoyage,
- sélection d'au moins une valeur de mesure (m_a^s) par des méthodes de la statistique ou du calcul des probabilités, valeur qui n'est plus prise en compte dans l'étape suivante et
- détermination d'au moins une valeur de référence possible ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) pour l'étalonnage du capteur, à partir des valeurs de mesure (m_a^s) non sélectionnées, et
- sélection d'une valeur de référence optimale ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) à partir de la au moins une valeur de référence possible ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}), si plus de deux valeurs de référence possibles ($\overline{m_a^s}$, m_a^{*s}) ont été déterminées.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la sélection de la au moins une valeur de mesure (m_a^s) qui n'est plus prise en compte dans l'étape suivante, par des méthodes de la statistique ou du calcul des probabilités, est effectuée à chaque fois à partir d'une série de valeurs de mesure (m_a^s) ayant été mesurées aux mêmes moments (t_a) pendant le déroulement (s) d'un programme de lavage.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, afin de sélectionner au moins une valeur de mesure (m_a^s), les étapes suivantes sont effectuées :

- détermination de la moyenne arithmétique (d_1 à d_a) pour les valeurs de mesure (m_a^s pour $a=1, 2, \dots, a$), selon la formule

$$d_a = \frac{m_a^1 + m_a^2 + m_a^3 + m_a^4 + \dots + m_a^s}{s},$$

- détermination de l'erreur quadratique moyenne (σ_a^2 pour σ_1^2 à σ_a^2) avec d_a de la première étape, selon la formule

$$\sigma_a^2 = \frac{(m_1^1 - d_a)^2 + (m_1^2 - d_a)^2 + \dots + (m_1^s - d_a)^2}{s},$$

- détermination des limites probables de la valeur de référence possible (m_a^{*s} , $\overline{m_a^s}$ pour m_1^{*s} , $\overline{m_1^s}$ à m_a^{*s} , $\overline{m_a^s}$), celles-ci étant situées au sein de

$$d_a \pm \frac{0,6746}{\sqrt{s}}$$

et

- sélection des valeurs de mesure (m_a^s) situées en dehors de ces limites.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que**, si aucune valeur de mesure (m_a^s) n'est située en dehors des limites probables de la valeur de référence possible (m_a^{*s} , $\overline{m_a^s}$), l'intervalle des limites probables de la valeur de référence possible (m_a^{*s} , $\overline{m_a^s}$) est choisi plus petit, de sorte qu'au moins une valeur de mesure (m_a^s) est située en dehors de ces limites et que cette au moins une valeur de mesure (m_a^s) est sélectionnée.

5. Procédé selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que**, afin de déterminer les limites probables de la valeur

EP 1 773 172 B1

de référence possible (m_a^* , $\overline{m_a^s}$), on utilise à titre complémentaire des valeurs empiriques de préférence prédéfinies en usine, lesquelles sont automatiquement adaptées au cours du procédé en fonction de l'évolution des conditions.

- 5
6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la détermination de la au moins une valeur de référence possible ($\overline{m_a^s}$) pour l'étalonnage du capteur, à partir des valeurs de mesure (m_a^s) non sélectionnées restantes, est effectuée par formation d'une valeur moyenne.
- 10
7. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la détermination de la au moins une valeur de référence possible (m_a^*) pour l'étalonnage du capteur, à partir des valeurs de mesure (m_a^s) non sélectionnées restantes, est effectuée par sélection d'une valeur de mesure (m_a^s) au moyen de méthodes de la statistique ou du calcul des probabilités.
- 15
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'on sélectionne la valeur de mesure (m_a^s) ayant la densité de probabilité la plus élevée au sein des valeurs de mesure (m_a^s) non sélectionnées.
- 20
9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** l'on sélectionne comme valeur de référence possible (m_a^*) la valeur de mesure (m_a^s) la plus proche de la moyenne arithmétique des valeurs de mesure (m_a^s) non sélectionnées, par les étapes suivantes :
- détermination des moyennes arithmétiques (d'_a pour $a=1, 2, a$) des valeurs de mesure (m_a^s) non sélectionnées,
 - détermination du montant de $|d'_a - m_a^s|$, sachant que l'on sélectionne la valeur de mesure (m_a^s) où le montant de $|d'_a - m_a^s|$ est le plus petit.
- 25
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on sélectionne parmi les valeurs de référence possibles ($\overline{m_a^s}$, m_a^*) la valeur optimale, soit en général la valeur de référence ($\overline{m_a^s}$, m_a^*) présentant le degré de salissure le plus faible, comme valeur de référence ($\overline{m_a^s}$, m_a^*) pour l'étalonnage du capteur.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

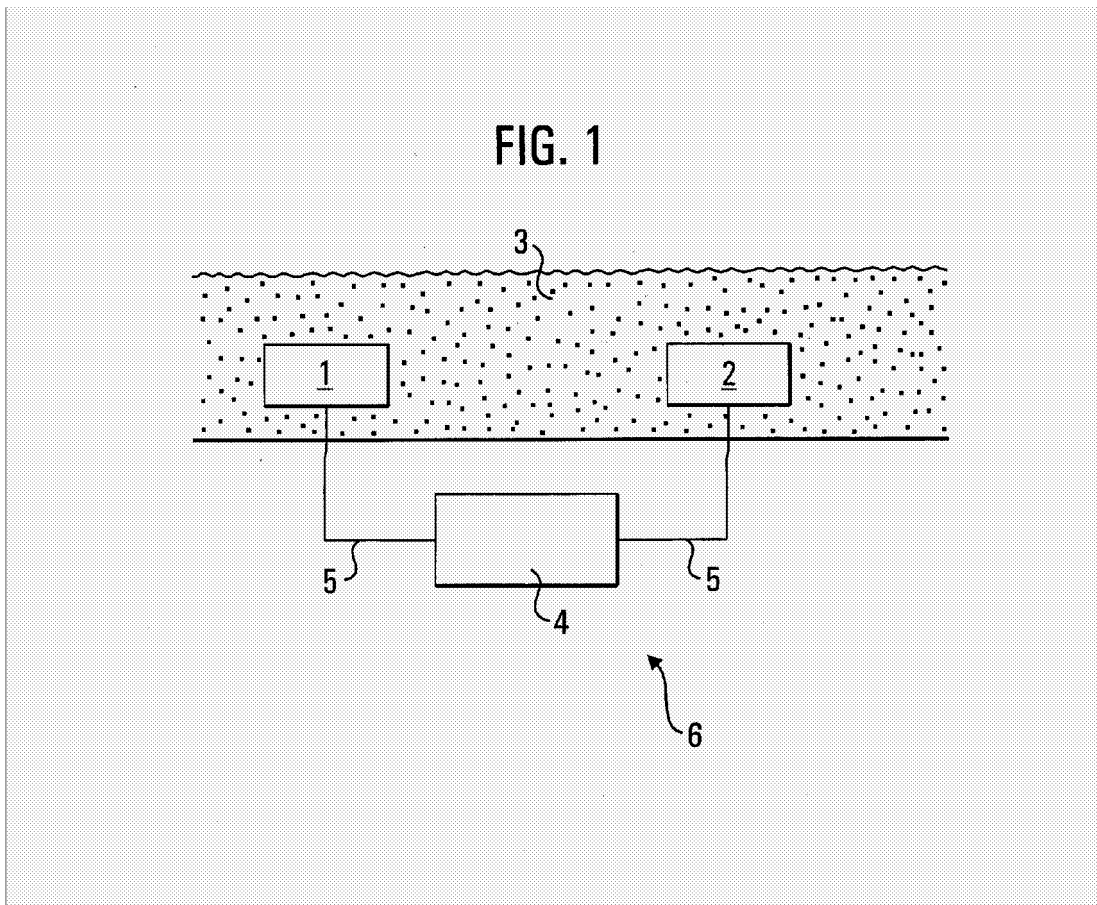


FIG. 2

REINIGUNGSPROGRAMMABLAUF [s]

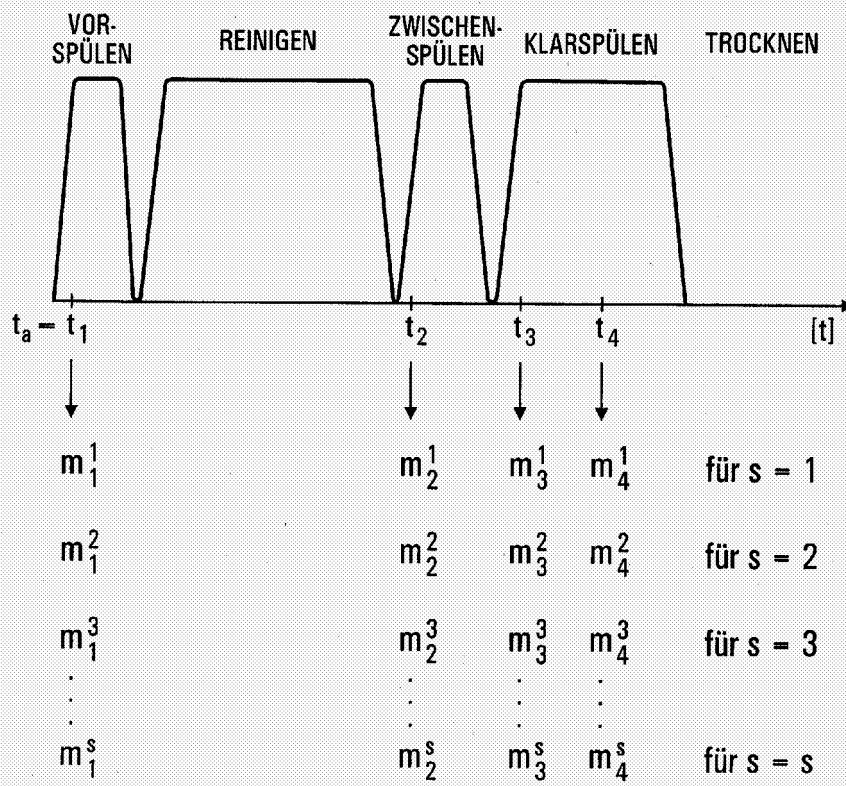


FIG. 3

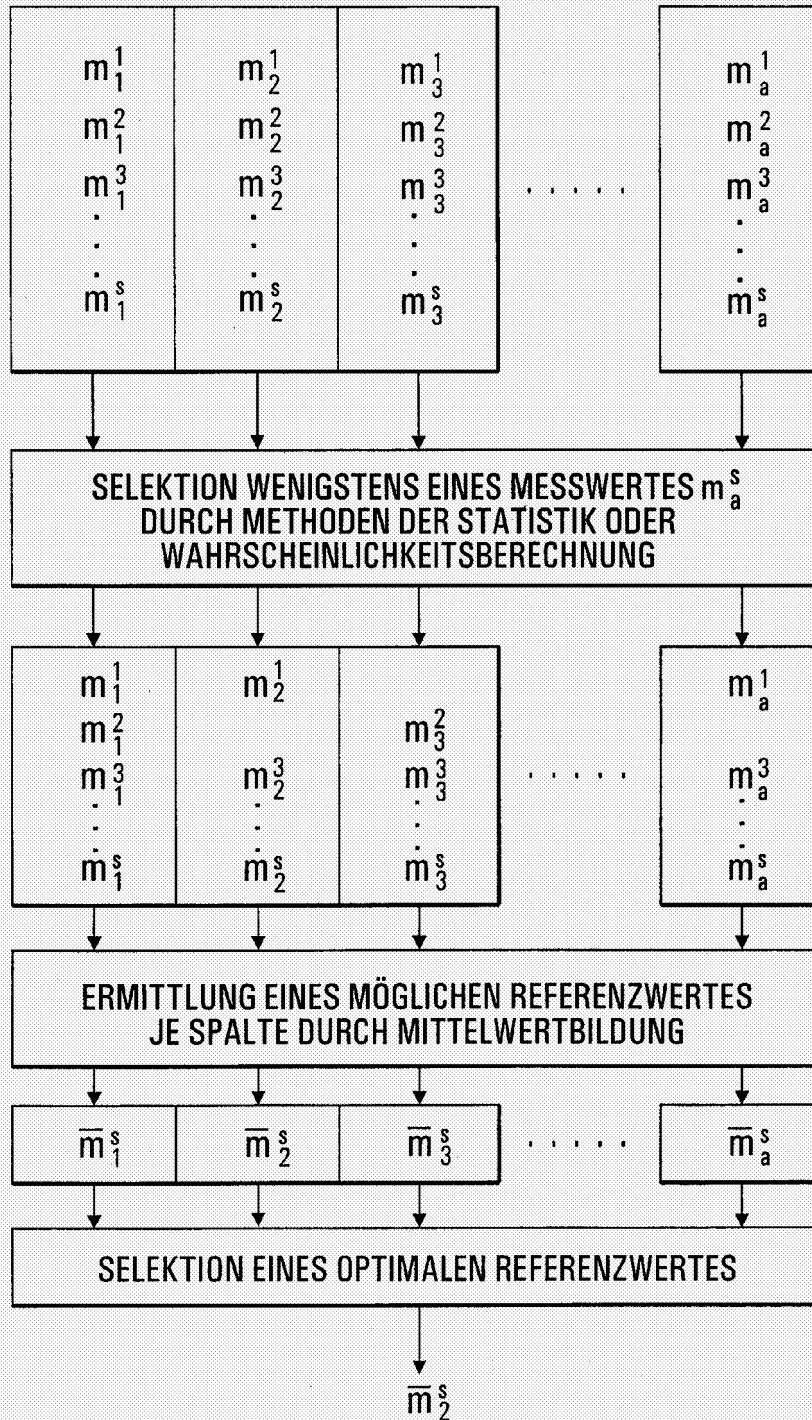
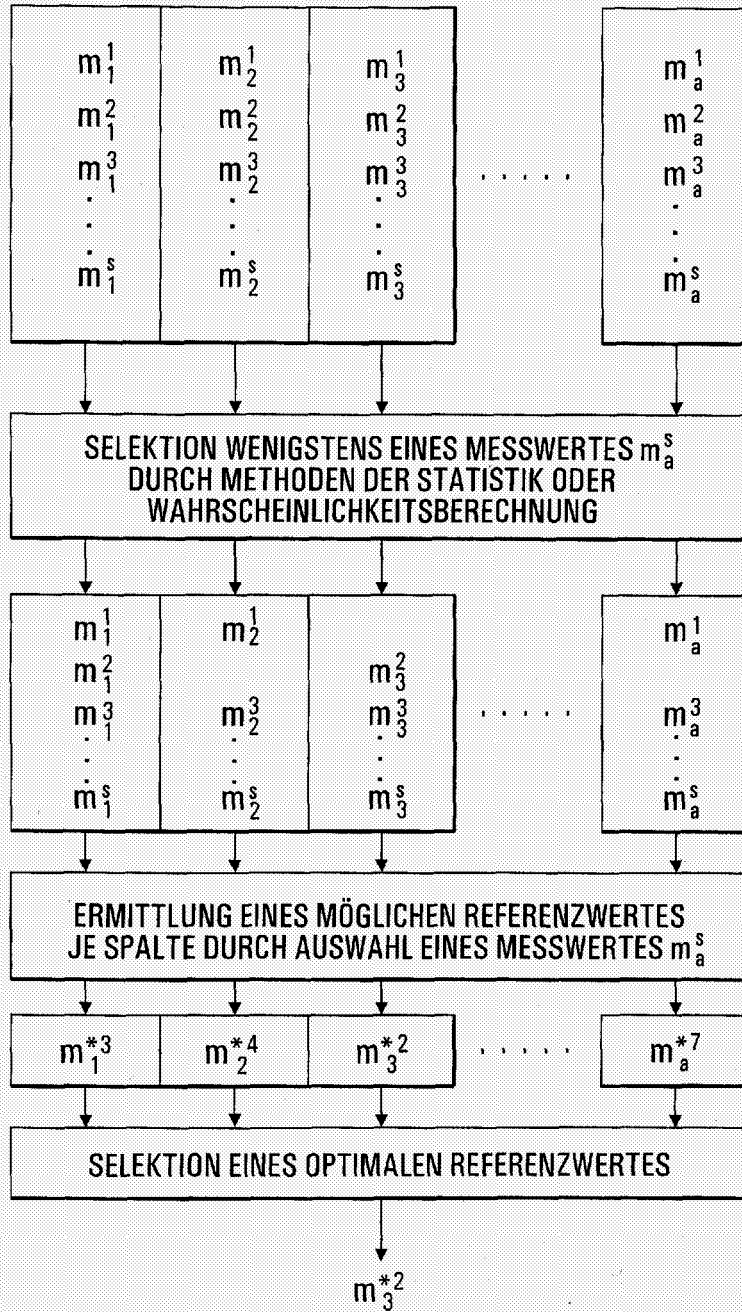


FIG. 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0862892 B1 [0004]
- DE 10111006 A1 [0005]