



(10) **DE 10 2009 028 659 A1** 2011.02.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 028 659.4**

(22) Anmeldetag: **19.08.2009**

(43) Offenlegungstag: **24.02.2011**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01F 1/58** (2006.01)  
**G01F 1/60** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Endress + Hauser Flowtec AG, Reinach, CH**

(74) Vertreter:  
**Andres, A., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 79415 Bad  
Bellingen**

(72) Erfinder:  
**Rüfenacht, Markus, Dornach, AT**

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

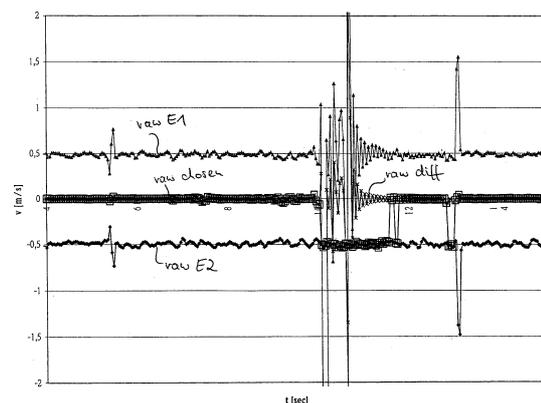
<b>DE</b>	<b>102 56 103</b>	<b>B4</b>
<b>DE</b>	<b>10 2007 052047</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>103 29 540</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>59 32 812</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>59 07 103</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>03-1 35 730</b>	<b>A</b>

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

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

(54) Bezeichnung: **Magnetisch-induktive Durchflussmesseinrichtung und Verfahren zum Betreiben derselben**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Betreiben einer magnetisch-induktiven Durchflussmesseinrichtung (1) mit einem Messrohr (2), wobei eine erste Größe (E1, Raw E1) ermittelt wird, welche erste Größe (E1, Raw E1) aus einem an einer ersten Elektrode (4) abgegriffenen ersten Messsignal (E1) bestimmt wird und vom Volumendurchfluss durch das Messrohr (2) abhängig ist, wobei eine zweite Größe (E2, Raw E2) ermittelt wird, welche zweite Größe (E2, Raw E2) aus einem an einer zweiten Elektrode (5) abgegriffenen zweiten Messsignal (E2) bestimmt wird und vom Volumendurchfluss durch das Messrohr (2) abhängig ist, und wobei eine dritte Größe (Diff, Raw Diff) ermittelt wird, welche dritte Größe (Diff, Raw Diff) vom Volumendurchfluss durch das Messrohr (2) abhängig ist und aus dem ersten und/oder zweiten Messsignal (E1, E2) abgeleitet wird oder zwischen der ersten und zweiten Elektrode (4, 5) vorliegt, wobei die dritte Größe (Diff, Raw Diff) eine Streubreite aufweist und wobei ein Kennwert für die Streubreite der dritten Größe (Diff, Raw Diff) ermittelt wird, und dass in dem Fall, dass der Kennwert außerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt, entweder nur die erste Größe (E1, Raw E1) oder nur die zweite Größe (E2, Raw E2) weiterverarbeitet und/oder ausgegeben wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine magnetisch-induktive Durchflussmesseinrichtung zur Bestimmung eines Volumendurchflusses durch ein Messrohr.

**[0002]** Zudem bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Betreiben einer magnetisch-induktiven Durchflussmesseinrichtung mit einem Messrohr.

**[0003]** Magnetisch-induktive Durchflussmesseinrichtungen werden in der industriellen Messtechnik zur Messung von Volumenströmen eingesetzt.

**[0004]** Dabei wird ein zumindest in geringem Umfang elektrisch leitfähiger Messstoff, dessen Volumenstrom gemessen werden soll, durch ein Messrohr geleitet, das im Wesentlichen senkrecht zur Rohrachse von einem Magnetfeld durchsetzt ist. Das Magnetfeld wird dabei in der Regel durch zwei einander gegenüberliegende Spulen erzeugt, zwischen denen das Messrohr verläuft. Senkrecht zum Magnetfeld bewegte Ladungsträger erzeugen senkrecht zu deren Durchflussrichtung eine Spannung, die über Messelektroden abgreifbar ist. Hierzu werden z. B. zwei Messelektroden einander gegenüberliegend zu beiden Seiten des Messrohrs derart angeordnet, dass eine gedachte Verbindungslinie zwischen den beiden Messelektroden senkrecht zu einer gedachten Verbindungslinie zwischen den Spulen verläuft. Die Messelektroden sind mit dem Messstoff entweder kapazitiv oder galvanisch gekoppelt. Die erzeugte Spannung ist proportional zu einer über einen Querschnitt des Messrohres gemittelten Strömungsgeschwindigkeit des Messstoffs und damit proportional zum Volumenstrom.

**[0005]** Bei dem Messstoff kann es sich insbesondere um Fluide handeln, die Feststoffe oder Verschmutzungen bspw. in Form von Partikeln mit sich führen. Diese im Messstoff mitgeführten Verunreinigungen können das an den Messelektroden abgegriffene Signal stören. Besonders bei sog. Pulp & Paper sowie Bergbau bzw. Tunnelbohr-Anwendungen kann es durch Auftreffen der mitgeführten Feststoffe zu Störungen kommen. In Folge dieser Störungen kann auch das Messsignal verfälscht werden.

**[0006]** Vorgenannte Störungen können aber auch infolge von in dem Messstoff befindlichen bzw. mitgeführten Gasblasen auftreten.

**[0007]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, den Durchfluss durch ein Messrohr zu ermitteln, wobei die Messwerte, gegenüber Störungen, welche nur an einer der Elektroden einer magnetisch-induktiven Durchflussmesseinrichtung auftreten, weitgehend unabhängig sind.

**[0008]** Bei vorgenannten Störungen kann es sich insbesondere um das Auftreffen von im Messstoff mitgeführtem Material insbesondere Verunreinigungen auf eine der Elektroden handeln.

**[0009]** Bezüglich des Verfahrens wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass eine erste Größe ermittelt wird, welche erste Größe aus einem an einer ersten Elektrode abgegriffenen ersten Messsignal bestimmt wird und vom Volumendurchfluss durch das Messrohr abhängig ist, und dass eine zweite Größe ermittelt wird, welche zweite Größe aus einem an einer zweiten Elektrode abgegriffenen zweiten Messsignal bestimmt wird und vom Volumendurchfluss durch das Messrohr abhängig ist, und dass eine dritte Größe ermittelt wird, welche dritte Größe vom Volumendurchfluss durch das Messrohr abhängig ist, und aus dem ersten und/oder zweiten Messsignal abgeleitet wird, oder zwischen der ersten und zweiten Elektrode vorliegt, dass die dritte Größe eine Streubreite aufweist, dass ein Kennwert für die Streubreite der dritten Größe ermittelt wird, und dass, in dem Fall, dass der Kennwert außerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt, entweder nur die erste Größe oder nur die zweite Größe weiterverarbeitet und/oder ausgegeben wird.

**[0010]** Da sowohl das erste Messsignal als auch das zweite Messsignal vom Volumendurchfluss durch das Messrohr abhängig sind, sind Informationen über den Volumendurchfluss durch das Messrohr im Wesentlichen redundant vorhanden. Eine bspw. nur an der ersten Elektrode auftretende Störung kann Auswirkungen auf das erste Messsignal haben. Infolge dessen ist auch die erste Größe mit dieser Störung behaftet. Bei der ersten Größe kann es sich u. a. um das erste Messsignal selbst oder eine daraus abgeleitete Größe wie z. B. einen Rohmesswert handeln. Tritt die Störung nur an der ersten und nicht an der zweiten Elektrode auf, verändert sich das an der zweiten Elektrode abgegriffene zweite Messsignal bzw. die zweite Größe nicht bzw. nur in dem Maße, in dem sich auch der Volumendurchfluss ändert. Das an der zweiten Elektrode abgegriffene Messsignal bzw. die zweite Größe enthält somit unverfälschte Informationen bspw. über den Volumendurchfluss, insbesondere über die Strömungsgeschwindigkeit des Messstoffs durch das Messrohr. Die an der ersten Elektrode auftretende Störung wirkt sich zudem auf die dritte Größe aus, welche dritte Größe aus dem ersten und/oder zweiten Messsignal abgeleitet wird oder zwischen der ersten und zweiten Elektrode vorliegt. Bei der dritten Größe kann es sich bspw. ein Differenzsignal oder einen aus dem Differenzsignal abgeleiteten Rohmesswert handeln. Das Differenzsignal kann bspw. zwischen der ersten und der zweiten Elektrode vorliegen oder aus dem ersten und/oder zweiten Messsignal gebildet werden.

**[0011]** Es ist ein Kerngedanke der Erfindung, diese

dritte Größe bezüglich Ihrer Streubreite zu überwachen. Dies wird durch die Ermittlung eines Kennwerts für die Streubreite der dritten Größe erreicht. Unter Streubreite kann dabei die Verteilung von Werten um einen Mittelwert, insbesondere den Mittelwert der Werte, verstanden werden. Als Kennwerte für die Streubreite können bspw. Varianz oder Standardabweichung dienen. Streuen die Werte der dritten Größe bspw. stark um ihren gemeinsamen Mittelwert, so ist dies dann am Kennwert erkennbar. Erfindungsgemäß wird dann nur die erste oder nur die zweite Größe ausgegeben und/oder weiterverarbeitet. Welche der Größen ausgegeben wird, kann bspw. davon abhängig sein, an welcher Elektrode die Störung aufgetreten ist. Von Vorteil dabei ist, dass ein sich ändernder Durchfluss trotz der Störung überwacht und/oder bestimmt werden kann. Denn sowohl die erste und die zweite Größe beinhalten bis auf einen sog. Offset Informationen, aus denen der Volumendurchfluss durch das Messrohr oder eine andere relevante Messgröße abgeleitet werden kann. Dieser Offset kann bspw. aus vorhergehenden Messungen wie bspw. einer Kalibrierung ermittelt werden.

**[0012]** In einer Ausgestaltung des Verfahrens repräsentiert die erste Größe einen ersten Messwert, die zweite Größe einen zweiten Messwert und die dritte Größe einen dritten Messwert. Bei der ersten, zweiten bzw. dritten Größe kann es sich also um einen Messwert handeln, welcher von dem Volumendurchfluss durch das Messrohr abhängt. Bei der ersten, zweiten und/oder dritten Größe kann es sich bspw. um das erste, zweite bzw. dritte Messsignal oder eine daraus abgeleitete Größe handeln. Alternativ kann es sich bei der ersten, zweiten und/oder dritten Größe insbesondere auch um sog. Rohmesswerte handeln. Bei Rohmesswerten handelt es sich bspw. um unkorrigierte Messwerte, welche, insbesondere unmittelbar, aus dem Messsignal gewonnen werden. Die Rohmesswerte können bereits einen Wert der physikalischen Ausgangsgröße repräsentieren. Das Messsignal (Primärgröße) wird dabei bspw. erfasst und unmittelbar in den Rohmesswert umgewandelt. Aus dem Rohmesswert bzw. den Rohmesswerten kann dann ein Messwert bestimmt werden. In dem vorliegenden Fall einer magnetisch-induktiven Durchflussmessenrichtung handelt es sich bei der Primärgröße um eine Spannung und bei der Sekundär- bzw. Ausgangsgröße um eine Geschwindigkeit.

**[0013]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens weist die erste Größe eine erste Streubreite auf, und ein erster Kennwert für die erste Streubreite wird bestimmt, und die zweite Größe weist eine zweite Streubreite auf, und ein zweiter Kennwert für die zweite Streubreite wird bestimmt, und der erste Kennwert wird mit dem zweiten Kennwert verglichen. Dies kann zur Bestimmung der Elektrode dienen, an welcher eine Störung aufgetreten ist. Durch den Vergleich der Streubreiten bzw. der entsprechenden

Kennwerte kann bspw. die Größe aus der ersten zweiten bzw. dritten Größe zur Weiterverarbeitung ausgewählt werden, welche im Vergleich zu einer anderen der ersten, zweiten bzw. dritten Größe bspw. eine geringere Streubreite aufweist und damit einen genaueren und zuverlässigeren Messwert liefert.

**[0014]** In einer Ausgestaltung des Verfahrens wird der erste Messwert ausgegeben und/oder weiterverarbeitet, falls der erste Kennwert kleiner ist als der zweite Kennwert, und/oder dass der zweite Messwert ausgegeben und/oder weiterverarbeitet wird, falls der zweite Kennwert kleiner ist als der erste Kennwert. Oftmals geben kleinere Kennwerte auch eine kleinere Streubreite an. Zu diesem Zweck können auch Kennwerte gleicher als auch verschiedener physikalischer (Maß-)Einheit bspw. aufgrund hinterlegter Werte, insbesondere in Form von Tabellen, miteinander verglichen werden.

**[0015]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens werden eine Anzahl von Werten der dritten Größe, die zur Bestimmung des Kennwerts für die Streubreite der dritten Größe verwendet werden, oder der Kennwert für die Streubreite der dritten Größe gewichtet. Da im störungsfreien Normalbetrieb vorwiegend die dritte Größe für die Weiterverarbeitung ausgewählt wird und im störungsfreien Normalbetrieb auch das genaueste Messergebnis liefert, ist es vorteilhaft erst auf die erste oder zweite Größe zur Bestimmung von Messwerten zurückzugreifen sobald diese aufgrund der Störung signifikant besser sind, d. h. näher am tatsächlichen Durchfluss bzw. der tatsächlichen Strömungsgeschwindigkeit liegen, als die dritte Größe.

**[0016]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens werden eine Anzahl von Werten der ersten bzw. der zweiten Größe, die zur Bestimmung des ersten bzw. zweiten Kennwerts für die erste bzw. zweite Streubreite verwendet werden, oder der erste bzw. der zweite Kennwert für die erste bzw. zweite Streubreite gewichtet. Die Gewichtung kann entweder für die erste und/oder zweite Größe vorgenommen werden. Zudem kann auch die dritte Größe gewichtet sein. Bspw. kann eine Gewichtung der ersten, zweiten und/oder dritten Größe bezüglich ihrer Streubreite vorgenommen werden.

**[0017]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens werden der erste Kennwert und der zweite Kennwert miteinander verglichen. Aufgrund des Vergleichs kann dann bspw. entweder nur die erste oder nur zweite Größe ausgewählt werden. Somit kann bspw. ein gegenüber der dritten Größe verbesserter Messwert des Volumendurchflusses bestimmt werden. Alternativ kann die Auswahl der ersten oder zweiten Größe auch anhand der geometrischen Anordnung der Messelektroden im Messrohr erfolgen, da sich mitgeführte Feststoffe bspw. eher an dem Teil

der Wandung des Messrohrs befinden, in welchen sie durch die angreifende Gewichtskraft gebracht werden. Gleiches gilt entsprechend für mitgeführte Gasblasen.

**[0018]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird der vorgegebene Bereich oder wenigstens ein Wert des vorgegebenen Bereichs mittels des ersten und/oder des zweiten Kennwerts bestimmt. Der vorgegebene Bereich kann dadurch an die durch den Messstoff verursachte Streuung bzw. Streubreite der Messsignale bzw. Rohmesswerte angepasst werden. Weisen bspw. sowohl die erste als auch die zweite Größe und die dritte Größe vergleichbare Streubreiten bzw. Kennwerte derselben auf, so kann es unzweckmäßig sein, die erste oder zweite Größe zur Weiterverarbeitung auszuwählen, falls der Kennwert der dritten Größe den vorgegebenen Bereich verlassen hat. Vielmehr ist es vorteilhaft den vorgegebenen Bereich dahingehend, d. h. an ein etwaig vorhandenes Grundrauschen, anzupassen. Insbesondere kann der vorgegebene Bereich durch den ersten und den zweiten Kennwert bestimmt werden. So kann bspw. immer die Größe mit der geringsten Streubreite ausgegeben und/oder weiterverarbeitet werden. Der vorgegebene Bereich für den Kennwert der dritten Größe liegt dann bspw. unterhalb des Kennwerts der ersten oder der zweiten Größe, je nachdem ob der Kennwert der ersten oder der zweiten Größe geringer ist. Oftmals steht ein kleinerer Kennwert auch für eine kleinere Streubreite. Verlässt der Kennwert der dritten Größe den vorgegebenen Bereich, d. h. ist der Kennwert der dritten Größe größer als der erste und/oder der zweite Kennwert, so wird nur der erste oder der zweite Kennwert ausgegeben und/oder weiterverarbeitet.

**[0019]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird in Abhängigkeit des ersten Kennwerts und/oder des zweiten Kennwerts entweder nur die erste oder nur die zweite Größe ausgegeben und/oder weiterverarbeitet. Dafür wird die Streubreite der ersten und/oder zweiten Größe untersucht. Der erste Kennwert und/oder der zweite Kennwert kann also zur Bestimmung der Größe genutzt werden, die ausgegeben oder weiterverarbeitet wird.

**[0020]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird, in dem Fall, dass der Kennwert der Streubreite der dritten Größe im Wesentlichen innerhalb des vorgegebenen Bereichs liegt, die dritte Größe ausgegeben und/oder weiterverarbeitet. Dies ist bspw. während des störungsfreien Normalbetriebs der magnetisch-induktiven Durchflussmeseinrichtung der Fall, in welchem die dritte Größe weiterverarbeitet bzw. ausgegeben wird und also zur Bestimmung eines Messwerts des Volumendurchflusses verwendet wird. Bei einer magnetisch-induktiven Durchflussmeseinrichtung besteht diese dritte Größe für gewöhnlich im Wesentlichen aus der Potential-

differenz zwischen der ersten und der zweiten Elektrode oder einer daraus abgeleiteten Größe. Die Potentialdifferenz zwischen der ersten und der zweiten Elektrode kann dabei entweder direkt aus der Differenz der Potentiale an den Elektroden oder aus der Differenz der Potentialdifferenz der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode gegenüber einem Referenzpotential bestimmt werden.

**[0021]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird als erster bzw. zweiter Kennwert bzw. Kennwert der Streubreite der dritten Größe die Varianz und/oder die Standardabweichung der ersten, zweiten bzw. dritten Größe verwendet. Es sind jedoch auch andere Maße zur Bestimmung der Streubreite, wie z. B. ein Extremwert der Streubreite, möglich. Bei der Standardabweichung und der Varianz handelt es sich aber um, gerade auf dem Gebiet der Messwerterfassung, geläufige und aussagekräftige Kennwerte.

**[0022]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird die erste, die zweite bzw. die dritte Größe durch Anwenden eines ersten Filters, insbesondere eines Binomial-Filters, auf das erste, das zweite bzw. das dritte Messsignal bestimmt. Dadurch kann ein Messsignal erfasst werden und ein sog. Rohmesswert oder kurz Rohwert ermittelt werden. Diese Rohmesswerte sind also unmittelbar aus dem Messsignal abgeleitete Messwerte, die bereits die physikalische Einheit der Sekundärgröße repräsentieren. Dabei hat es sich als vorteilhaft herausgestellt einen, insbesondere n-Tap, Binomial-Filter zu verwenden, wobei n aus den natürlichen Zahlen und insbesondere kleiner und/oder gleich 2, 3, 4, 5 ist.

**[0023]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens durchläuft die erste, zweite oder dritte Größe eine zweite Filter-Stufe, insbesondere einen Median-Filter der Länge. Dadurch können die Rohmesswerte verarbeitet und von weiteren störenden auf das Messsignal einwirkenden Einflüssen bereinigt werden.

**[0024]** Bei den Kennwerten der ersten, zweiten und dritten Größe kann es sich dabei um Kennwerte handeln, die aus dem aktuellen in dem ersten oder dem zweiten Filter enthaltenen oder von dem ersten oder zweiten Filter ausgegebenen Werten ermittelt werden.

**[0025]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens handelt es sich bei der ersten, der zweiten bzw. der dritten Größe jeweils um einen Durchflussmesswert des Volumendurchflusses durch das Messrohr. Die erste, zweite bzw. dritte Größe kann wie bereits erwähnt einen Durchflussmesswert, darunter sind bspw. die Messsignale und die Rohwerte zu verstehen, repräsentieren. Gleichwohl kann es sich bei der ersten, zweiten bzw. dritten Größe auch um andere

Messwerte wie bspw. Leitwert- bzw. Leitfähigkeit des Messstoffs oder die Temperatur des Messstoffs handeln.

**[0026]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens handelt es sich bei der ersten bzw. der zweiten Größe um das erste bzw. zweite Messsignal und bei der dritten Größe handelt es sich um ein drittes Messsignal, welches dritte Messsignal zwischen der ersten und zweiten Elektrode vorliegt oder aus dem ersten oder zweiten Messsignal abgeleitet wird.

**[0027]** Entsprechend der dargestellten Auswertung der Rohwerte kann auch das erste, zweite bzw. dritte Messsignal direkt ausgewertet werden: Bei einer Abweichung des Kennwerts der Streubreite des dritten Messsignals über den vorgegebenen Bereich hinaus kann dann, entweder nur das erste Messsignal oder nur das zweite Messsignal zur Weiterverarbeitung ausgewählt werden. Die Weiterverarbeitung kann dabei bspw. die Erfassung von Rohwerten aus dem Messsignal und die Bestimmung von Messwerten aus den Rohwerten umfassen.

**[0028]** Als Elektroden können die Messelektroden und/oder eine gegebenenfalls vorhandene Referenzelektrode der magnetisch-induktiven Durchflussmessenrichtung verwendet werden.

**[0029]** Bezüglich der magnetisch-induktiven Durchflussmessenrichtung wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass eine erste und eine zweite Messelektrode mit einer Auswerteeinheit verbunden sind, und wobei die erste und die zweite Messelektrode eingangsseitig mit einer Differenzverstärkerschaltung verbunden sind, wobei die Differenzverstärkerschaltung ausgangsseitig mit der Auswerteeinheit verbunden ist, dass die Auswerteeinheit dazu dient, eine erste Größe an der ersten Messelektrode abzugreifen eine zweite Größe an der zweiten Messelektrode abzugreifen, und eine von der Differenzverstärkerschaltung ausgegebene dritte Größe abzugreifen, wobei die dritte Größe eine Streubreite aufweist, und wobei die Auswerteeinheit ferner dazu dient, einen Kennwert der Streubreite zu ermitteln und in dem Fall, dass der Kennwert einen vorgegebenen Bereich verlässt, entweder nur die erste Größe oder nur die zweite Größe auszugeben und/oder weiterzuverarbeiten.

**[0030]** Als Differenzverstärkerschaltung kann bspw. ein geeignet beschalteter Operationsverstärker dienen. Die Auswerteschaltung ermittelt für wenigstens die dritte Größe einen Kennwert der Streubreite und gibt in Abhängigkeit des Kennwerts entweder nur die erste oder nur die zweite Größe aus bzw. verarbeitet diese weiter, bspw. zu einem Messwert.

**[0031]** Bspw. stellt der Erwartungswert einen Kennwert für die Lokalisation einer Variablen  $X$  dar, wäh-

rend die Varianz ein Kennwert für die Streubreite ist. Um einen Kennwert für die Streubreite einer Verteilung zu definieren, kann bspw. der Erwartungswert  $E$  der quadrierten Abweichungsvariablen definiert werden als die Varianz:  $E([X - E(X)]^2)$ .

**[0032]** Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

**[0033]** [Fig. 1](#): eine schematische Darstellung einer magnetisch-induktiven Durchflussmessenrichtung,

**[0034]** [Fig. 2](#): eine schematische Darstellung der Messsignalverarbeitung einer magnetisch-induktiven Durchflussmessenrichtung,

**[0035]** [Fig. 3](#): Rohmesswerte des ersten, zweiten und dritten Messsignals als Funktion der Zeit, wobei der zur Weiterverarbeitung ausgewählte Rohmesswert gekennzeichnet ist, und

**[0036]** [Fig. 4](#): eine vergrößerte Darstellung eines Ausschnitts aus [Fig. 3](#).

**[0037]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung einer magnetisch-induktiven Durchflussmessenrichtung.

**[0038]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung einer magnetisch-induktiven Durchflussmessenrichtung **1**. Das Messrohr **2** wird von dem Messstoff **11** in Richtung der Längsachse **3** des Messrohres **2** durchflossen. Der Messstoff **11** ist zumindest geringfügig elektrisch leitfähig. In dem Fall, dass das Messrohr **2** an seiner Innenfläche mit einem elektrisch leitfähigen Material gefertigt ist, muss das Messrohr **2** an seiner Innenfläche mit einem elektrisch nicht-leitfähigen Liner **17** ausgekleidet sein; der Liner **17** besteht vorzugsweise aus einem Material, das in hohem Maße chemisch und/oder mechanisch beständig ist.

**[0039]** Das senkrecht zur Strömungsrichtung des Messstoffs **11** ausgerichtete alternierende Magnetfeld  $B$  wird über ein Magnetsystem, z. B. über zwei diametral zueinander angeordnete Spulen **6**, **7** bzw. über zwei Elektromagnete erzeugt.

**[0040]** Die Elektroden **4**, **5** sind zwei einen zylindrischen Elektrodenkopf **20**, einen länglichen in die Wandung des Messrohres **21** eingebrachten Elektrodenenschaft **22** und eine Buchse **19** zum Anschluss von elektrischen Verbindungsleitungen **12**, **13** aufweisende sog. Stiftelektroden.

**[0041]** Unter dem Einfluss des Magnetfeldes  $B$  wandern in dem Messstoff **11** befindliche Ladungsträger je nach Polarität zu den beiden eingesetzten Elektroden **4**, **5** ab. Die sich an den Elektroden **4**, **5** aufbauende Messspannung ist proportional zu der über den Querschnitt des Messrohres gemittelten Strömungs-

geschwindigkeit  $v$  des Messstoffs **11**, d. h. sie ist ein Maß für den Volumenstrom des Messstoffs **11** in dem Messrohr **2**. Das Messrohr **2** ist über in der [Fig. 1](#) nicht gesondert dargestellte Verbindungselemente, z. B. Flansche, mit einer Rohrleitung verbunden, durch die das Messstoff **11** hindurchströmt.

**[0042]** Über elektrische Verbindungsleitungen **12**, **13** sind die Elektroden **4**, **5** mit der Regel-/Auswerteeinheit **8** verbunden. Die Verbindung zwischen den Spulen **6**, **7** und der Regel-/Auswerteeinheit **8** erfolgt über die elektrische Verbindungsleitung **16** mit einer Eingabe-/Ausgabeeinheit **9** verbunden. Der Auswerte-/Regeleinheit **8** ist die Speichereinheit **10** zugeordnet.

**[0043]** Zudem ist eine Referenzelektrode **18** vorgesehen. Die Referenzelektrode **18** kann zur Ermittlung eines ersten Messsignals  $E_1$  und eines zweiten Messsignals  $E_2$  dienen, indem die zwischen der ersten bzw. zweiten Elektrode **4**, **5** und der Referenzelektrode **18** vorliegende Potentialdifferenz bestimmt wird.

**[0044]** Die Elektroden **4**, **5** sind dabei der Strömung direkt ausgesetzt und etwaige Auftreffer von Feststoffen oder Gasblasen auf die Elektroden **4**, **5** wirken sich störend auf das Messsignal  $Diff$  und die daraus generierten Messwerte aus.

**[0045]** Weist nun das Messsignal  $Diff$  oder eine daraus abgeleitete Größe  $Raw\ Diff$  eine Streubreite (bzw. einen Kennwert der Streubreite) auf, die außerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt, so kann entweder das erste oder das zweite Messsignal  $E_1$ ,  $E_2$  bzw. deren Rohmesswerte  $Raw\ E_1$ ,  $Raw\ E_2$  zur Messwertbestimmung ausgewählt werden.

**[0046]** [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Darstellung der Messsignalverarbeitung einer magnetisch-induktiven Durchflussmesseinrichtung **1**. Ein erstes Messsignal  $E_1$  wird an der ersten Elektrode **4** abgegriffen und an eine erste Einheit  $DB_1$  zur Signalverarbeitung übertragen. An der zweiten Elektrode **5** wird ein zweites Messsignal  $E_2$  abgegriffen und an eine zweite Einheit  $DB_2$  zur Signalverarbeitung übertragen. Ein drittes Messsignal  $Diff$ , welches aus dem ersten oder zweiten Messsignal  $E_1$ ,  $E_2$  abgeleitet wird oder zwischen der ersten und der zweiten Elektrode **4**, **5** vorliegt, wird an eine dritte Einheit  $DB$  zur Signalverarbeitung übertragen. Das erste, zweite und dritte Messsignal  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $Diff$  liegen in Form einer Spannung  $V$  vor. Mittels der ersten, zweiten und dritten Einheit  $DB_1$ ,  $DB_2$ ,  $DB$  zur Signalverarbeitung wird aus dem ersten, zweiten bzw. dritten Messsignal ein erster, zweiter bzw. dritter Rohwert gewonnen, welcher Rohwert bereits die physikalische Ausgangsgröße, d. h. die Strömungsgeschwindigkeit  $v$  in  $m/s$ , repräsentiert. Aus der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Messstoffs kann bei bekannter Querschnittsfläche

des Messrohrs **2** der Volumendurchfluss durch das Messrohr **2** bestimmt werden.

**[0047]** Die Rohwerte  $Raw\ E_1$ ,  $Raw\ E_2$ ,  $Raw\ Diff$  entweder nur des ersten, zweiten oder dritten Messsignals  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $Diff$  werden anschliessend an ein Filter übertragen. In dem Filter werden aus dem ausgewählten Satz von Rohwerten  $Raw\ E_1$ ,  $Raw\ E_2$  oder  $Raw\ Diff$  Messwerte erzeugt. Dies kann bspw. durch eine Medianfilterung geschehen.

**[0048]** [Fig. 3](#) zeigt einen zeitlichen Verlauf des ersten, zweiten und dritten Rohwerts  $Raw\ E_1$ ,  $Raw\ E_2$ ,  $Raw\ Diff$  als Funktion der Zeit  $t$ . Zusätzlich ist der zur Weiterverarbeitung ausgewählte Rohwert  $Raw\ Chosen$  gekennzeichnet.

**[0049]** An einem mit einem Messstoff **11** befüllten Messrohr **2**, wurde bei ruhendem Messstoff (Durchflussgeschwindigkeit =  $0\ m/s$ ) nach ca.  $10\ s$  eine Störung an der ersten Elektrode  $E_1$  verursacht. Der Rohwert  $Raw\ E_1$  des ersten Messsignals  $E_1$ , zeigt zu diesem Zeitpunkt eine deutliche Abweichung vom tatsächlichen Durchfluss von  $0\ m/s$ . Zudem zeigt auch der Rohwert  $Raw\ Diff$  des dritten Messsignals  $Diff$ , welches dritte Messsignal  $Diff$  die Potentialdifferenz zwischen erster und zweiter Messelektrode **4**, **5** angibt, eine deutliche Abweichung vom tatsächlichen Durchfluss von  $0\ m/s$  an. Das dritte Messsignal  $Diff$  ist auf dem Gebiet der magnetisch-induktiven Durchflussmesstechnik auch als sog. Differenzsignal bekannt. Da die Störung nur an der ersten Elektrode  $E_1$  erzeugt wurde, bleibt das zweite Messsignal  $E_2$  im Wesentlichen unverändert. Dieser Umstand wird durch die vorliegende Erfindung ausgenutzt.

**[0050]** [Fig. 4](#) zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus dem zeitlichen Verlauf der Rohwerte  $Raw\ E_1$ ,  $Raw\ E_2$ ,  $Raw\ Diff$  aus [Fig. 3](#). Der Rohwert  $Raw\ E_1$  des ersten Messsignals  $E_1$  weist einen Offset von  $+0,5\ m/s$  und der Rohwert des zweiten Messsignals  $E_2$  einen Offset von  $-0,5\ m/s$  auf. Die Offset-Verschiebung der Elektrodenpotentiale in [Fig. 4](#) ist symmetrisch zur Abszisse. Das dritte Messsignal  $Diff$ , auch als Differenzsignal  $Diff$  bezeichnet, zeigt die ersten  $5\ s$  die tatsächliche Strömungsgeschwindigkeit  $v$  von  $0\ m/s$  an. Um eine Störung an der ersten Elektrode **4** zu erzeugen, wird nach  $5\ s$  eine Pinzette in die Messstrecke zwischen die beiden Elektroden **4**, **5** gebracht. Daraus resultiert eine in dem ersten und zweiten Satz von Rohwerten  $Raw\ E_1$ ,  $Raw\ Diff$  sichtbare sog. Common mode Störung. Das Differenzsignal  $Diff$  bzw. dessen Rohwerte  $Raw\ Diff$  weist diese Störung nicht bzw. nur in geringfügigem Umfang auf, da es aus der Differenz des ersten und zweiten Messsignals  $E_1$ ,  $E_2$  gebildet wird. Daher können Störungen, die im Wesentlichen zeitgleich sowohl an der ersten als auch an der zweiten Elektrode **4**, **5** auftreten, kompensiert werden. Zur Weiterverarbeitung wird daher das Differenzsignal  $Diff$  ausgewählt, da

sich die Streubreite bzw. der Kennwert der Streubreite des Differenzsignals Diff nicht verändert hat bzw. einen vorgegebenen Bereich nicht verlassen hat.

**[0051]** Nach 10 s wird die erste Elektrode **4** zur Simulation einer Störung, wie bspw. eines Auftreffers eines Partikels, mit der Pinzette kontaktiert. Vergleichbare Störungen können bspw. auch durch Gasblasen hervorgerufen werden, die sich im Messstoff befinden. Der Rohwert Raw E1 des ersten Messsignals E1 zeigt daraufhin erhebliche Schwankungen mit einem Extremwert von  $-100$  m/s. Ebenso zeigt der Rohwert Raw Diff des Differenzsignals Diff aufgrund der Störung eine vergrößerte Streubreite und eine Strömungsgeschwindigkeit  $v$  von bis zu  $-50$  m/s. Der Rohwert Raw E2 des zweiten Messsignals E2 bleibt hingegen im Wesentlichen unverändert, da ja tatsächlich keine Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit stattgefunden hat. Nach dem Entfernen der Pinzette von der ersten Elektrode **4**, zeigen die Rohwerte Raw E1, Raw Diff des ersten Messsignals E1 und des Differenzsignals Diff ein exponentiell abklingendes Verhalten.

**[0052]** Der Kennwert des Differenzsignals Diff verlässt, bei entsprechender Einstellung des vorgegebenen Bereichs, aufgrund der Störung den vorgegebenen Bereich. Daher wird zur Weiterverarbeitung des Rohwert Raw E2 des zweiten Messsignals E2 verwendet, bis die Streubreite bzw. ein Kennwert der Streubreite des Rohwerts Raw Diff des Differenzsignals Diff wieder innerhalb des vorgegebenen Bereichs liegt. Liegt der Kennwert des Differenzsignals Diff wieder innerhalb des vorgegebenen Bereichs, so wird wieder der Rohwert Raw Diff des Differenzsignals Diff zur Weiterverarbeitung verwendet. Als Kennwert kann wie bereits erwähnt ein Kennwert für die Streubreite wie bspw. deren Varianz verwendet werden.

**[0053]** Bei  $t = 13$  s wird die Pinzette wieder aus der Messstrecke entfernt. Wieder tritt eine Common mode Störung auf. Allerdings tritt die Störung an der ersten Elektrode **4** kurz vor der Störung an der zweiten Elektrode **5** auf. Dies hat zur Folge, dass die Störung nicht vollständig durch Differenzbildung der Messsignale E1, E2 kompensiert werden kann und der Rohwert Raw Diff des Differenzsignals Diff kurzzeitig stark streut, wobei der Kennwert der Streubreite den vorgegebenen Bereich verlässt. Dadurch wird erneut der Rohwert Raw E2 des zweiten Messsignals E2 zur Weiterverarbeitung ausgewählt.

**[0054]** Es ist somit möglich durch Überwachung des Rohwerts Raw Diff des Differenzsignals Diff, eine Störung die nur an einer der Elektroden **4**, **5** auftritt zu kompensieren.

**[0055]** Andererseits kann auch die Streubreite (bzw. ein Kennwert der Streubreite) des Differenzsignals

Diff überwacht werden, und in dem Fall, dass die Streubreite bzw. der Kennwert dafür den vorgegebenen Bereich verlässt, entweder nur das erste oder nur das zweite Messsignal E1, E2 zur Weiterverarbeitung ausgewählt werden.

**[0056]** Alternativ kann auch die Streubreite (bzw. ein Kennwert der Streubreite) aller drei Größen Raw E1, Raw E2 und Raw Diff bzw. E1, E2 und E3 überwacht werden und immer die Größe mit der kleinsten Streubreite (bzw. kleinstem Kennwert der Streubreite) zur Weiterverarbeitung ausgewählt werden.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Magnetisch-induktive Durchflussmesseinrichtung
<b>2</b>	Messrohr
<b>3</b>	Messrohrachse
<b>4</b>	Erste Elektrode
<b>5</b>	Zweite Elektrode
<b>6</b>	Spulenanordnung/Magnetsystem
<b>7</b>	Spulenanordnung/Magnetsystem
<b>8</b>	Regel-/Auswerteeinheit
<b>9</b>	Eingabe-/Ausgabeeinheit
<b>10</b>	Speichereinheit
<b>11</b>	Messstoff
<b>12</b>	Verbindungsleitung
<b>13</b>	Verbindungsleitung
<b>14</b>	Verbindungsleitung
<b>15</b>	Verbindungsleitung
<b>16</b>	Verbindungsleitung
<b>17</b>	Liner
<b>18</b>	Referenzelektrode
<b>E1</b>	Erstes Messsignal
<b>E2</b>	zweites Messsignal
<b>Diff</b>	Differenzsignal
<b>DB</b>	Dritte Signalverarbeitungseinheit
<b>DB1</b>	erste Signalverarbeitungseinheit
<b>DB2</b>	zweite Signalverarbeitungseinheit
<b>Filter</b>	Filter
<b>Raw Diff</b>	Rohwerte des Differenzsignals
<b>Raw E1</b>	Rohwerte des ersten Messsignals
<b>Raw E2</b>	Rohwerte des zweiten Messsignals
<b>Raw Chosen</b>	Ausgewählte Rohwerte
<b>v</b>	Strömungsgeschwindigkeit
<b>t</b>	Zeit
<b>m/s</b>	Meter pro Sekunde
<b>sec</b>	Sekunde
<b>V</b>	Spannung

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer magnetisch-induktiven Durchflussmesseinrichtung (**1**) mit einem Messrohr (**2**),  
– wobei eine erste Größe (E1, Raw E1) ermittelt wird, welche erste Größe (E1, Raw E1) aus einem an einer ersten Elektrode (**4**) abgegriffenen ersten Messsignal (E1) bestimmt wird und vom Volumendurchfluss

durch das Messrohr (2) abhängig ist,  
 – wobei eine zweite Größe (E2, Raw E2) ermittelt wird, welche zweite Größe (E2, Raw E2) aus einem an einer zweiten Elektrode (5) abgegriffenen zweiten Messsignal (E2) bestimmt wird und vom Volumendurchfluss durch das Messrohr (2) abhängig ist, und  
 – wobei eine dritte Größe (Diff, Raw Diff) ermittelt wird, welche dritte Größe (Diff, Raw Diff) vom Volumendurchfluss durch das Messrohr (2) abhängig ist, und  
 aus dem ersten und dem zweiten Messsignal (E1, E2) abgeleitet wird oder zwischen der ersten und der zweiten Elektrode (4, 5) vorliegt,  
 – wobei die dritte Größe (Diff, Raw Diff) eine Streubreite aufweist  
 – wobei ein Kennwert für die Streubreite der dritten Größe (Diff, Raw Diff) ermittelt wird, und dass, in dem Fall, dass der Kennwert außerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt, entweder nur die erste Größe (E1, Raw E1) oder nur die zweite Größe (E2, Raw E2) weiterverarbeitet und/oder ausgegeben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste Größe (E1, Raw E1) einen ersten Messwert, die zweite Größe (E2, Raw E2) einen zweiten Messwert und die dritte Größe (Diff, Raw Diff) einen dritten Messwert repräsentiert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Größe (E1, Raw E1) eine erste Streubreite aufweist, und dass ein erster Kennwert für die erste Streubreite bestimmt wird, und dass die zweite Größe (E2, Raw E2) eine zweite Streubreite aufweist, und dass ein zweiter Kennwert für die zweite Streubreite bestimmt wird, und dass der erste Kennwert mit dem zweiten Kennwert verglichen wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Anzahl von Werten der dritten Größe (Diff, Raw Diff), die zur Bestimmung des Kennwerts für die Streubreite der dritten Größe (Diff, Raw Diff) verwendet werden, oder der Kennwert für die Streubreite der dritten Größe (Diff, Raw Diff) gewichtet werden.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Anzahl von Werten der ersten bzw. der zweiten Größe (E2, Raw E2), die zur Bestimmung des ersten bzw. zweiten Kennwerts für die erste bzw. zweite Streubreite verwendet werden, oder der erste bzw. der zweite Kennwert für die erste bzw. zweite Streubreite gewichtet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei der erste Kennwert und der zweite Kennwert miteinander verglichen werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei der vorgegebene Bereich oder wenigstens ein Wert des vorgegebenen Bereichs mittels des ersten und/oder des zweiten Kennwerts bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei in Abhängigkeit des ersten Kennwerts und/oder des zweiten Kennwerts entweder nur die erste oder nur die zweite Größe (E1, E2; Raw E1, Raw E2) ausgegeben und/oder weiterverarbeitet wird.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei in dem Fall, dass der Kennwert der Streubreite der dritten Größe (Diff, Raw Diff) innerhalb des vorgegebenen Bereichs liegt, die dritte Größe (Diff, Raw Diff) ausgegeben und/oder weiterverarbeitet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 9, wobei als erster bzw. zweiter Kennwert bzw. Kennwert der Streubreite der dritten Größe (Diff, Raw Diff) die Varianz und/oder die Standardabweichung der ersten, zweiten bzw. dritten Größe (E1, Raw E1; E2, Raw E2; Diff, Raw Diff) verwendet wird.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste, die zweite bzw. die dritte Größe (E1, Raw E1; E2, Raw E2; Diff, Raw Diff) durch Anwenden eines ersten Filters (DB1, DB2, DB), insbesondere eines Binomial-Filters, auf das erste, das zweite bzw. das dritte Messsignal (E1, E2, E3) bestimmt wird.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste, zweite oder dritte Größe (E1, Raw E1; E2, Raw E2; Diff, Raw Diff) eine zweite Filter-Stufe (Filter), insbesondere einen Median-Filter, durchläuft.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei es sich bei der ersten, der zweiten bzw. der dritten Größe (E1, Raw E1; E2, Raw E2; Diff, Raw Diff) jeweils um einen Durchflussmesswert des Volumendurchflusses durch das Messrohr (2) handelt.

14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei es sich bei der ersten bzw. der zweiten Größe (E1, Raw E1; E2, Raw E2) um das erste bzw. zweite Messsignal (E1, E2) handelt und dass es sich bei der dritten Größe (Diff, Raw Diff) um ein drittes Messsignal (Diff) handelt, welches dritte Messsignal (Diff) zwischen der ersten und zweiten Elektrode (4, 5) vorliegt oder aus dem ersten oder zweiten Messsignal (E1, E2) abgeleitet wird.

15. Magnetisch-induktive Durchflussmesseinrichtung (1) zur Bestimmung eines Volumendurch-

flusses durch ein Messrohr (2),  
wobei eine erste und eine zweite Messelektrode (4, 5) mit einer Auswerteeinheit verbunden sind, und  
wobei die erste und die zweite Messelektrode (4, 5) eingangsseitig mit einer Differenzverstärkerschaltung verbunden sind, wobei die Differenzverstärkerschaltung ausgangsseitig mit der Auswerteeinheit verbunden ist,  
wobei die Auswerteeinheit dazu dient,  
eine erste Größe (E1, Raw E1) an der ersten Messelektrode (4) abzugreifen  
eine zweite Größe (E2, Raw E2) an der zweiten Messelektrode (5) abzugreifen, und  
eine von der Differenzverstärkerschaltung ausgegebene dritte Größe (Diff, Raw Diff) abzugreifen,  
wobei die dritte Größe (Diff, Raw Diff) eine Streubreite aufweist, und  
wobei die Auswerteeinheit ferner dazu dient,  
einen Kennwert der Streubreite zu ermitteln und in dem Fall, dass der Kennwert einen vorgegebenen Bereich verlässt, entweder nur die erste Größe (E1, Raw E1) oder nur die zweite Größe (E2, Raw E2) auszugeben und/oder weiterzuverarbeiten.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

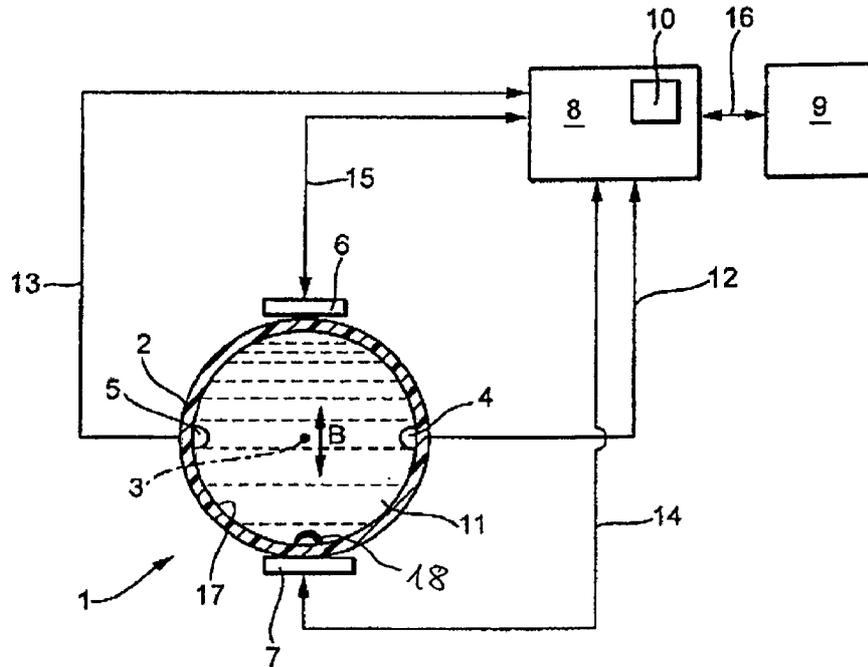


Fig. 2

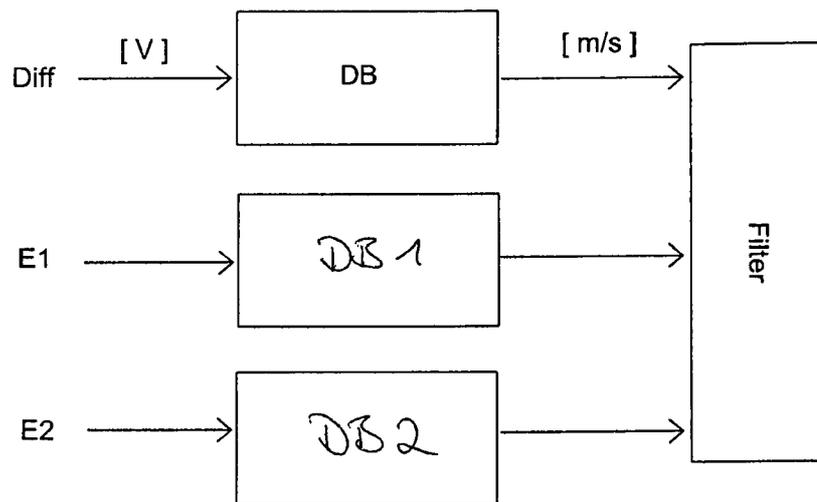


Fig. 3

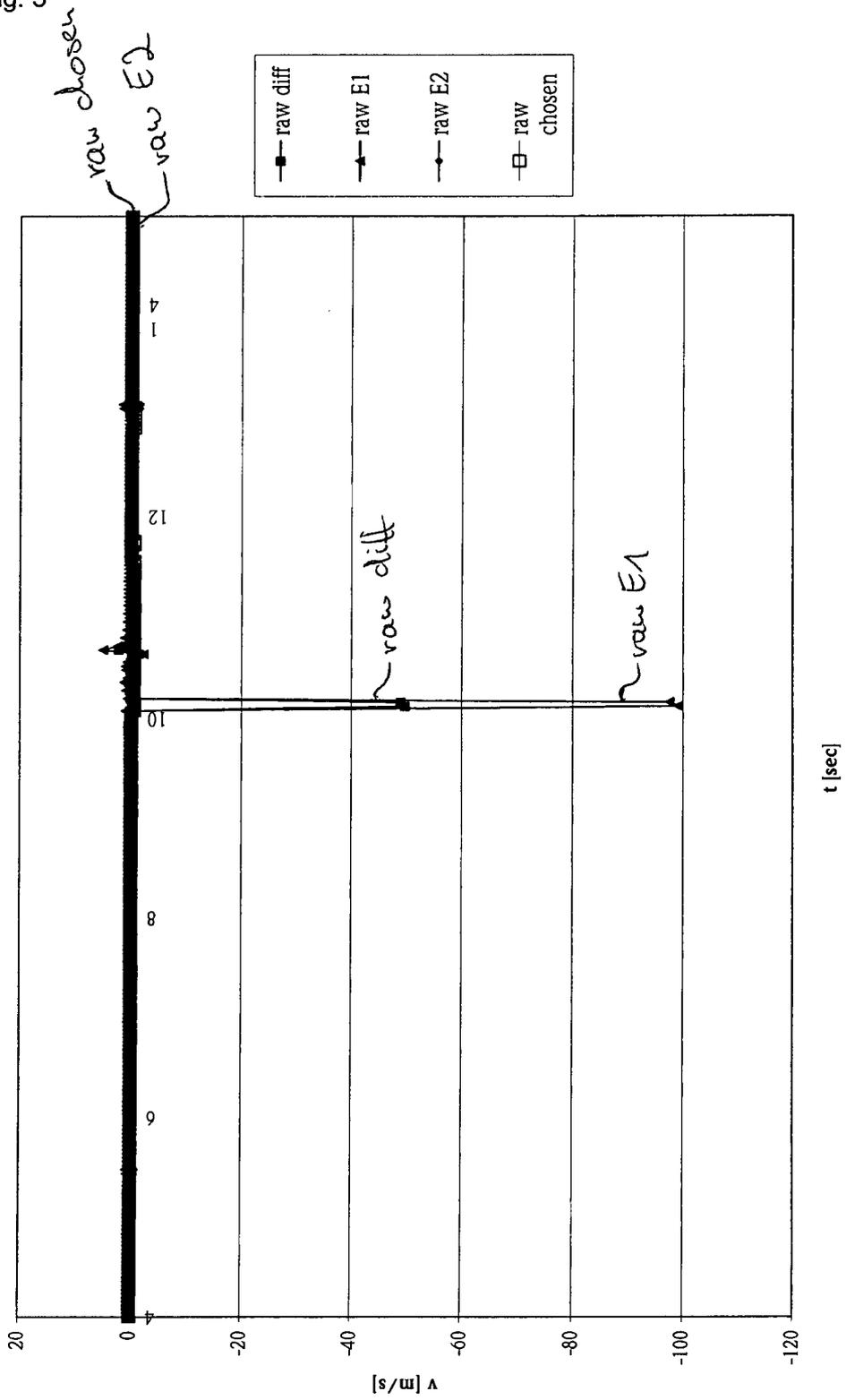


Fig. 4

