

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
26. Juni 2014 (26.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/095239 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 1/66 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/074588

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. November 2013 (25.11.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 112 522.8
18. Dezember 2012 (18.12.2012) DE

(71) Anmelder: **ENDRESS+HAUSER FLOWTEC AG**
[CH/CH]; Kägenstrasse 7, CH-4153 Reinach (CH).

(72) Erfinder: **WANDELER, Frank**; Geisbergstrasse 10, CH-
5236 Remingen (CH).

(74) Anwalt: **ANDRES, Angelika**; Colmarer Str. 6, 79576
Weil am Rhein (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A FLOW VELOCITY OR A FLOW RATE OF A MEASUREMENT MEDIUM
THROUGH AN ULTRASONIC FLOW METER

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT ODER EINES
DURCHFLUSSES EINES MESSMEDIUMS DURCH EIN ULTRASCHALLDURCHFLUSSMESSGERÄT

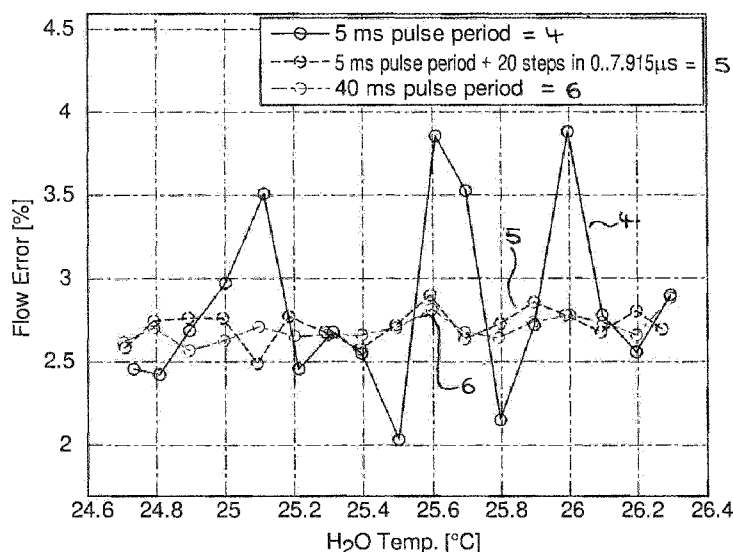


Fig. 2

(57) Abstract: Method for determining a flow velocity or a flow rate of a measurement medium through an ultrasonic flow meter having at least two ultrasonic transducers, wherein ultrasound signals are emitted and received transversely in a flow direction or counter to a flow direction of a measurement medium, characterized by the following steps: a) emitting a sequence of ultrasound transmission signals along a measurement path with a modulated pulse sequence period, b) receiving a sequence of ultrasound receiving signals, which correspond to the ultrasound transmission signals after travelling through the measurement path, wherein in each case one ultrasound receiving signal is superposed by at least one ultrasound interference signal, and c) averaging the ultrasound receiving signals of a sequence or of a value derived therefrom to reduce a measurement value error caused by the ultrasound interference signals.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Verfahren zur Bestimmung einer Strömungsgeschwindigkeit oder eines Durchflusses eines Messmediums durch ein Ultraschalldurchflussmessgerät mit zumindest zwei Ultraschallwandlern, wobei Ultraschallsignale schräg in oder entgegen einer Strömungsrichtung eines Messmediums ausgesandt und empfangen werden, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: a) Aussenden einer Folge von Ultraschallsendesignalen entlang eines Messpfades mit einer modulierten Impulsfolgeperiode b) Empfangen einer Folge von Ultraschallempfangssignalen, welche den Ultraschallsendesignalen nach Durchlaufen des Messpfades entsprechen, wobei sich jeweils ein Ultraschallempfangssignal von zumindest einem Ultraschallstörsignal überlagert ist, und c) Mitteln der Ultraschallempfangssignale einer Folge oder eines davon abgeleiteten Wertes zur Reduzierung eines durch die Ultraschallstörsignale hervorgerufenen Messwertfehlers.

**Verfahren zur Bestimmung einer Strömungsgeschwindigkeit oder eines Durchflusses
eines Messmediums durch ein Ultraschalldurchflussmessgerät**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Strömungsgeschwindigkeit
oder eines Durchflusses eines Messmediums durch ein Ultraschalldurchflussmessgerät nach
dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie ein Ultraschalldurchflussmessgerät nach dem
Oberbegriff des Anspruchs 8.

Ultraschall-Durchflussmessgeräte werden vielfach in der Prozess- und Automatisierungstechnik
eingesetzt. Sie erlauben in einfacher Weise, den Volumendurchfluss und/oder Massendurchfluss
in einer Rohrleitung zu bestimmen.

Nach neusten Untersuchungen treten bei der Ultraschalldurchflussmessung Störsignale auf,
welche von den Ultraschallsendesignalen der vorangegangenen Einzelmessungen stammen,

Ausgehend von dieser grundlegenden Erkenntnis besteht nunmehr die Aufgabe der vorliegenden
Erfindung darin, Ultraschallstörsignale teilweise oder vollständig zu kompensieren.

Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Bestimmung einer Strömungsgeschwindigkeit oder eines
Durchflusses eines Messmediums durch ein Ultraschalldurchflussmessgerät mit zumindest zwei
Ultraschallwandlern, wobei Ultraschallsignale schräg in oder entgegen einer Strömungsrichtung
eines Messmediums ausgesandt und empfangen werden, ist gekennzeichnet durch die
folgenden Schritte:

- a) Aussenden einer Folge von Ultraschallsendesignalen entlang eines
Messpfades mit einer modulierten Impulsfolgeperiode
- b) Empfangen einer Folge von Ultraschallempfangssignalen, umfassend
Hauptpulse welche den Ultraschallsendesignalen nach Durchlaufen des
Messpfades entsprechen, wobei jeweils ein Hauptpuls von zumindest einem
Ultraschallstörsignal überlagert ist, und
- c) Mitteln der Ultraschallempfangssignale einer Folge oder eines davon
abgeleiteten Wertes zur Reduzierung eines durch die Ultraschallstörsignale
hervorgerufenen Messwertfehlers.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können insbesondere die vorgenannten Störsignale
während der Messung kompensiert werden.

Die Ultraschallempfangssignale entsprechen den Ultraschallsendesignalen, welche sich
allerdings auch ohne Einfluss von Störsignalen beim Durchlaufen des Messpfades aufgrund von
Mediumsdämpfungen, Brechungen usw. sich ändern.

Die nach dem Verfahren kompensationsfähigen Störsignale rühren von vorhergehenden Einzelmessungen her und sind als langlebige Schallechos zu verstehen.

- 5 Ein Messpfad verläuft üblicherweise direkt durch das Medium oder im Fall von Clamp-On Ultraschalldurchflussmessgeräten durch die Rohrwandung und das Medium.

Ein von einem Ultraschallempfangssignal abgeleiteter Wert ist insbesondere die Laufzeitdifferenz oder ein Durchflusswert.

- 10 Vorteilhafte Ausführungsvarianten der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Es ist von Vorteil, wenn das Aussenden der Folge von Ultraschallsendesignalen durch einen ersten der zwei Ultraschallwandler erfolgt und das Empfangen der Folge von Ultraschallsignalen durch den zweiten der zwei Ultraschallwandler erfolgt.

15

Es ist von Vorteil, wenn die Modulation der Impulsfolgeperiode eine schrittweise Modulation von zumindest zehn Schritten, vorzugsweise zumindest fünfzehn Schritten, umfasst. Es kann zwar auch bei weniger Modulationschritten grundsätzlich eine Mittelung durchgeführt werden, um

20

allerdings statistisch stark abweichende Messwertfehler einer Einzelmessung besser zu kompensieren sind zumindest 10 Schritte erforderlich. Beim verstärkten Auftreten von temperatursensiblen Störsignalen sind zumindest 15 Schritte erforderlich. Es ist grundsätzlich durchaus auch möglich 100 oder mehr Schritte durchzuführen. Dies hängt wesentlich von der Art und dem Umfang des Störsignale ab.

25

Es ist von Vorteil, wenn ein Schritt einer schrittweisen Modulation eine Schrittlänge, also ein Zeitschritt, umfasst, welcher abhängig ist von der mittleren Periode der Störschallwellen.

Es ist von Vorteil, wenn die Modulationsbreite, also die Differenz der maximalen Impulsfolgeperiode und der minimalen Impulsfolgeperiode, zwischen 4 und 10mal der mittleren Periode der Störschallwellen beträgt. Dies ist insbesondere vorteilhaft bei Kombination dieser Modulationsbreite mit einer Modulationsschrittfolge von zumindest 10 Schritten. Ist der Wert zu klein (z.B. kleiner als 4 Perioden), so verschwindet der Fehler aufgrund der genannten Störsignale nur zum Teil.

30

Ist der Wert zu gross (z.B. grösser als 20 Perioden), so müssen entsprechend viele Signale oder davon abgeleitete Grössen (Laufzeitdifferenz) gemittelt, resp. tiefpassgefiltert werden, womit die Reaktionszeit des Messgerätes zu gross wird.

35

Es ist zudem von Vorteil, wenn der Bereich der der mittleren Periode der Störschallwellen zwischen 0,1 μ s und 10 μ s beträgt.

40

Es ist von Vorteil, wenn die Impulsfolgeperiode kleiner als 5ms, vorzugsweise kleiner oder gleich 2,5ms, ist. Dadurch kann eine Erhöhung der Messraten und eine Verringerung des Messrauschens erreicht werden.

- 5 Ein erfindungsgemäßes Durchflussmessgerät weist zwei Ultraschallwandler sowie eine Steuer- und/oder Regeleinheit auf, welche ausgerüstet ist zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1-7.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

10

Es ist von Vorteil, wenn das Ultraschalldurchflussmessgerät einen Medianfilter zur Filterung des von den Ultraschallempfangssignalen abgeleiteten Wertes (Laufzeitdifferenz, Durchflusswert) mit einer Medianfilterlänge von größer als 21 vorzugsweise größer als 41, aufweist. Durch das vorhergegangene Verfahren kann insbesondere eine Verdoppelung der Medianfilterlänge bei

15

gleicher Reaktionszeit erreicht werden.

Die Medianlänge beschreibt dabei eine Anzahl von Ultraschallsignalen, eine Medianlänge von 21 beschreibt beispielsweise ein Ultraschallsignal als Ausgabewert, welcher zwischen 10 oberen und 10 unteren Ultraschallsignalen liegt. Dieser Wert ist meist nicht der Mittelwert aller

20

Ultraschallsignale, sondern ein Wert welcher genau zwischen einer oberen bzw .größeren Hälfte der Signale und einer unteren bzw. kleineren Hälfte der Signale liegt. Eine andere Möglichkeit der Filterung ist die Mittelwertfilterung

Es ist zudem von Vorteil, wenn das Ultraschalldurchflussmessgerät ein Rekursivfilter (Engl.

25

Infinite Impulse Response Filter - IIR-Filter) erster Ordnung zur Dämpfung der von den Ultraschallempfangssignalen abgeleiteten Größen (Laufzeitdifferenzen, Durchflusswerte) aufweist und wobei die 99%-Schrittanwort nach mehr als 36 Eingangswerten, vorzugsweise nach mehr als 3600 Eingangswerten erreicht wird.

30

Ein Filter kann durch seine Schrittanwort spezifiziert werden. Bei dem Rekursivfilter erster Ordnung reicht es die Zeit oder die **Anzahl Eingangswerte** anzugeben, die nötig sind, um bei einem Sprung des Eingangssignals von 0 auf 1 am Ausgang 99% des Eingangs, hier also 0.99, zu erreichen.

35

Nachfolgend soll die Erfindung anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert werden.

Fig. 1 Darstellung eines Ultraschallsignals mit einem Ultraschallempfangssignal und einem Ultraschallstörsignal ;

Fig. 2 Reduktion der Temperaturabhängigkeit von asymmetrischen Ultraschallstörsignalen durch Impulsfolgemodulation; und

40

Fig. 3 Schematische Darstellung eines Ultraschalldurchflussmessgerätes nach dem Stand der Technik.

Nachfolgend soll die Erfindung und deren zugrundeliegende spezielle Problemstellung anhand

5 eines Ausführungsbeispiels für eine Ultraschallwandleranordnung mit einem Ultraschallwandlerpaar näher erläutert werden. Es sind auch Ultraschallwandleranordnungen mit mehr als zwei Ultraschallwandler bekannt, auf welche die vorliegende Erfindung ebenfalls anwendbar ist.

10 Bei der Ultraschall-Durchflussmessung nach dem Laufzeitprinzip werden Ultraschall-Impulse in einem bestimmten Winkel zur Flussrichtung durch das zu messende Medium gesendet. Dies erfolgt beispielsweise durch zwei aufeinander ausgerichtete Ultraschallwandler, wobei jeder Ultraschallwandler über einem ersten Betriebsmodus als Ultraschallsender oder in einem zweiten Betriebsmodus als Ultraschallempfänger fungieren kann.

15 Bei der zuvor beschriebenen Ultraschallwandleranordnung mit zwei Ultraschallwandlern, welche auch als Ultraschallwandlerpaar bezeichnet wird, werden die Ultraschallwandler abwechselungsweise mit einem elektrischen Signal angeregt, wodurch ein Ultraschall-Impuls abgestrahlt wird. Ein typisches Ultraschalldurchflussmessgerät, wie es aus der WO 2009068691
20 A1 bekannt ist, ist zur Darstellung des Messprinzips in Fig. 3 abgebildet. Das Ultraschallsignal verläuft durch das im Messrohr befindliche Messmedium, überträgt sich allerdings auch über das Messrohr.

25 Es sind zudem auch Clamp-on Ultraschalldurchflussmessgeräte bekannt. Hier kommen neben der Übertragung durch die Messrohrwandung ggf. auch noch eine Signalübertragung durch zusätzliche Kopplungsmedien, mit denen der Ultraschallwandler mit dem Messrohr eines Ultraschalldurchflussmessgerätes gekoppelt ist (z.B. Ultraschallkoppelpaste) und/oder durch eine Messrohrinnenaukleidung (bei korrosiven Messmedien) hinzu. Der jeweils andere
30 Ultraschallwandler wandelt die ankommende Ultraschall-Welle wieder in ein elektrisches Signal um, das verstärkt und weiterverarbeitet wird.

Die zwei Ultraschallwandler sollen als Ultraschallwandler A und Ultraschallwandler B bezeichnet werden. Je nachdem in welcher Richtung die Ultraschall-Welle gesendet wird, soll das empfangene Signal gemäß folgender Tabelle mit $y_{AB}(t)$ oder $y_{BA}(t)$ bezeichnet werden:

35

Ultraschallwandler A	Ultraschallwandler B	Empfangssignal
Sender	Empfänger	$y_{AB}(t)$
Empfänger	Sender	$y_{BA}(t)$

Der vom einen Ultraschallwandler erzeugte Ultraschall-Impuls wird aufgrund von Reflexion und Refraktion an Materialgrenzflächen, beispielsweise zwischen dem Ultraschallwandler und dem Messrohr, in unzählige Teilwellen gestreut, sodass beim anderen Ultraschallwandler neben dem
40 Hauptpuls, der dem direkten Pfad (gemäß Brechungsgesetz von Snellius) gefolgt ist, unzählige

Streuwellen ankommen. Entsprechend weist das Empfangssignal neben dem zeitlich begrenzten Hauptpuls ein überlagertes rauschähnliches Signal auf, das dem Summensignal aller Streuwellen entspricht. Dieses Summensignal bzw. Ultraschallstörsignal wird geläufig auch Rohrwelle genannt, obwohl einige Anteile nicht ausschließlich in der Rohrwand (oder Aufnehmer) sondern auch durch das Medium propagiert sein können.

In Fig. 1 ist der zeitliche Verlauf eines Empfangssignals dargestellt. Zunächst erfolgt ein Bereich geringer Amplitude von etwa 10-30 μV . Nach etwa 130 μs beginnt das Signal des Hauptpulses, also des eigentlichen Nutzsignals, welches zur Bewertung der Laufzeitdifferenz benötigt wird. Schließlich erfolgt ein Ausschwingen bei etwa 145 μs , bei welchem einerseits ein Signalanteil durch ein Nachschwingen des Empfangsultraschallwandlers eingeht und andererseits der Anteil der Rohrwelle ist. Zur besseren Kenntlichkeit wurde der Anteil der Rohrwelle 1 und der Anteil des Hauptimpulses 2 grafisch hervorgehoben. In der vorliegenden Erfindung werden insbesondere auf Ultraschallstörsignale beschrieben welche als Rohrwelle ausgebildet sind.

Wie man erkennt, erfolgt die Detektion eines Anteils der Rohrwelle, welcher u.a. direkt über das Messrohr übertragen wird, vor der Übertragung eines Hauptsignals. Im vorliegenden Fall wurden die Versuchsbedingungen derart gewählt, dass eine vergleichsweise starke Rohrwelle auftritt.

Die Empfangssignale der beiden Ausbreitungsrichtungen können vereinfacht durch die Gleichungen

$$\begin{aligned} y_{AB}(t) &= n_{AB}(t) + x(t - 0.5 \cdot \Delta t) \\ y_{BA}(t) &= n_{BA}(t) + x(t + 0.5 \cdot \Delta t) \end{aligned} \quad (1)$$

beschrieben werden, wobei $n_{AB}(t)$ bzw. $n_{BA}(t)$ die jeweiligen Rohrwellensignale darstellen. Rauschsignale wie Elektronikrauschen, elektromagnetische Interferenz oder Fremdschall sind nicht berücksichtigt, da diese in der Regel viel schwächer sind als die Rohrwellensignale.

Die Laufzeit des Hauptpulses $x(t)$ wird um $0.5 \cdot \Delta t$ erhöht oder verkleinert, je nachdem ob er mit oder gegen die Strömung durch das Medium propagiert ist.

Die Laufzeitdifferenz Δt ist die Messgröße, mit der der Durchfluss bestimmt wird. Da die Rohrwellen den Hauptpuls überlagern, beeinflussen sie auch die Schätzung der Laufzeitdifferenz Δt . Das bedeutet, dass der Messfehler eines Ultraschall-Durchfluss-messgerätes unter anderem vom Verhältnis der Amplituden des Hauptpulses und den Rohrwellen abhängt. Dieses Verhältnis wird auch mit Signal-zu-Rausch-Verhältnis (Engl. SNR = Signal-to-Noise Ratio) bezeichnet. Der durch die Rohrwelle verursachte Messfehler ist dabei von der Temperatur des Mediums und des Messrohres (Aufnehmers) abhängig.

Der wesentliche Bestandteil der vorliegenden Erfindung ist es den Einfluss der vorgenannten Störsignale teilweise oder vollständig durch eine Modulation der Impulsfolgeperiode zu reduzieren.

Die Impulsfolgefrequenz (engl.: Pulse Repetition Frequency PRF = Pulswiederholfrequenz) ist die Anzahl der gesendeten Impulse pro Sekunde. Das Ultraschalldurchflussmessgerät sendet einen Impuls mit einer festgesetzten Sendeimpulsdauer und wartet zwischen den Sendeimpulsen auf die Empfangssignale. Die Zeit vom Beginn des einen Sendeimpulses bis zum Beginn des nächsten Sendeimpulses wird Impulsfolgeperiode (engl.: Pulse Repetition Time PRT) genannt und ist der Kehrwert der Impulsfolgefrequenz:

Die besagte Impulsfolgeperiode kann schrittweise moduliert werden um Störsignale, welche von vorangegangenen Sendepulsen stammen, zu kompensieren

Die optimalen Werte für die Schrittweite und die Anzahl der Schritte hängen von der mittleren Periode $T_C (=1/F_C)$ der Störschallwellen ab. F_C ist die Mittenfrequenz der Störschallwellen. Die Impulsfolgeperiode wird in Schritten der Länge $T_C/20$ bis $T_C/5$ im Bereich von T_P bis $T_P+N \cdot T_C$ variiert, wobei T_P der minimalen Impulsfolgeperiode entspricht und N zwischen 4 und 10 liegen sollte.

Durch Modulation der Impulsfolgeperiode geht die Kohärenz zwischen der Hauptwelle und den genannten, sehr langsam abklingenden Störschallwellen im Mittel verloren. Unter Modulation der Impulsfolgeperiode versteht man die schrittweise Änderung der Impulsfolgeperiode in einem bestimmten Bereich. Messungen mit einer Impulsfolgeperiodenmodulation von 20 Schritten und einer Schrittweite T_{SW} von $1/(5 \cdot F_C)$ lieferten gute Resultate (siehe Fig. 7). Die Impulsfolgeperiode kann nach jeder oder nach mehreren Einzelmessungen verändert werden. Dabei ist es wichtig, dass die Impulsfolgeperiodenmodulation bezüglich der Senderichtung symmetrisch erfolgt.

Modulationsbreite ist die Differenz der maximalen Impulsfolgeperiode und der minimalen Impulsfolgeperiode. Sie beträgt zwischen 4 und 10mal der mittleren Periode der Störschallwellen. Schrittweite der Variation der Impulsfolgeperiode ist kleiner als die Periode der Störschallwellen, vorzugsweise $1/5$ bis $1/20$ davon.

Der Bereich der der mittleren Periode der Störschallwellen beträgt zwischen $0,1 \mu s$ und $10 \mu s$.

In Fig. 2 sind Störsignale unter analogen Messbedingungen aufgenommen. Hierbei wurden $0,5$ MHz Clamp-on Ultraschallwandler mit einem rostfreiem Messrohr ($88,9 \times 5,5$ mm) genutzt. Das Messmedium war Wasser mit einem Durchfluss von 12 l/s. Die Messkurve 4 zeigt

Messfehlerschwankungen des Ultraschallstörsignals hervorgerufen durch asymmetrische Rohrwellen. Wie man anhand der Messkurve 5 erkennt erfolgt Reduktion der temperaturbedingten Messfehlerschwankungen mittels Impulsfolgeperiodenmodulation

Zudem wurde als Vergleich in der Messkurve 6 eine Messung mit einer konstanten und sehr langen Impulsfolgeperiode von 40 ms aufgeführt. Durch Verlängerung der Impulsfolgeperiode wird erreicht, dass Störsignale, welche von vorherigen Sendepulsen stammen, soweit abklingen,

dass sie das aktuelle Empfangssignal kaum noch stören. Jedoch beeinflusst die Impulsfolgeperiode zentrale Parameter wie die Messrate, das Messrauschen und die Ansprechzeit des Durchflussmessgerätes. In dieser Hinsicht ist eine möglichst kurze Impulsfolgeperiode anzustreben, ohne dass die Interferenzen der vorherigen Sendepulse den Messwert verfälschen. Dies kann, wie in der Messkurve 5 dargestellt, durch die Impulsfolgeperiodenmodulation erreicht werden.

Es wird daher nicht versucht, den Störwellen auszuweichen, sondern deren Einfluss auf den Messwert durch Aufhebung der Kohärenz zwischen Haupt- und Störwellen zu minimieren.

Bezugszeichenliste

- 5
- 1 Ultraschallstörsignal
 - 2 Ultraschallhauptpuls
 - 3
 - 4 Messkurve - unkompensiert
 - 5 Messkurve - kompensiert
 - 6 Messkurve- kompensiert

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Strömungsgeschwindigkeit oder eines Durchflusses eines Messmediums durch ein Ultraschalldurchflussmessgerät mit zumindest zwei
5 Ultraschallwandlern, wobei Ultraschallsignale schräg in oder entgegen einer Strömungsrichtung eines Messmediums ausgesandt und empfangen werden, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
 - a) Aussenden einer Folge von Ultraschallsendesignalen entlang eines Messpfades mit einer modulierten Impulsfolgeperiode
 - 10 b) Empfangen einer Folge von Ultraschallempfangssignalen, umfassend Hauptpulse welche den Ultraschallsendesignalen nach Durchlaufen des Messpfades entsprechen, wobei jeweils ein Hauptpuls von zumindest einem Ultraschallstörsignal überlagert ist, und
 - 15 c) Mitteln der Ultraschallempfangssignale einer Folge oder eines davon abgeleiteten Wertes zur Reduzierung eines durch die Ultraschallstörsignale hervorgerufenen Messwertfehlers.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Aussenden der Folge von Ultraschallnutzsignalen durch einen ersten der zwei Ultraschallwandler erfolgt und
20 das Empfangen der Folge von Ultraschallsignalen durch den zweiten der zwei Ultraschallwandler erfolgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation der Impulsfolgeperiode eine schrittweise Modulation von zumindest zehn
25 Schritten, vorzugsweise zumindest fünfzehn Schritten, umfasst.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schritt einer schrittweisen Modulation eine Schrittlänge, also ein Zeitschritt, umfasst, welcher abhängig ist von der mittleren Periode der Ultraschallstörsignale.
30
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsbreite, also die Differenz der maximalen Impulsfolgeperiode und der minimalen Impulsfolgeperiode, zwischen 4 und 10mal der mittleren Periode der Störschallwellen beträgt.
35
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Bereich der mittleren Periode der Störschallwellen zwischen 0,1 μ s und 10 μ s beträgt.
- 40 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulsfolgeperiode kleiner als 5ms, vorzugsweise kleiner oder gleich 2,5ms, ist.

8. Ultraschalldurchflussmessgerät, dadurch gekennzeichnet, dass das
Ultraschalldurchflussmessgerät zumindest zwei Ultraschallwandler aufweist und eine
Steuer- und/oder Regelvorrichtung, welche ausgerüstet ist zur Durchführung des
erfindungsgemäßen Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-7.
- 5
9. Ultraschalldurchflussmessgerät nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das
Ultraschalldurchflussmessgerät einen Tiefpassfilter zur Dämpfung eines von den
Ultraschallempfangssignalen abgeleiteten Wertes zur Filterung von
Ultraschallempfangssignalen mit einer Medianlänge von größer als 21, vorzugsweise
10 größer oder gleich als 41 aufweist
- 10
10. Ultraschalldurchflussmessgerät nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass
das Ultraschalldurchflussmessgerät einen Rekursivfilter (IIR-Filter) erster Ordnung zur
Dämpfung des von den Ultraschallempfangssignalen abgeleiteten Wertes aufweist und
15 wobei die 99%-Schrittantwort nach mehr als 36 Eingangswerten, vorzugsweise nach
mehr als 3600 Eingangswerten erreicht wird.

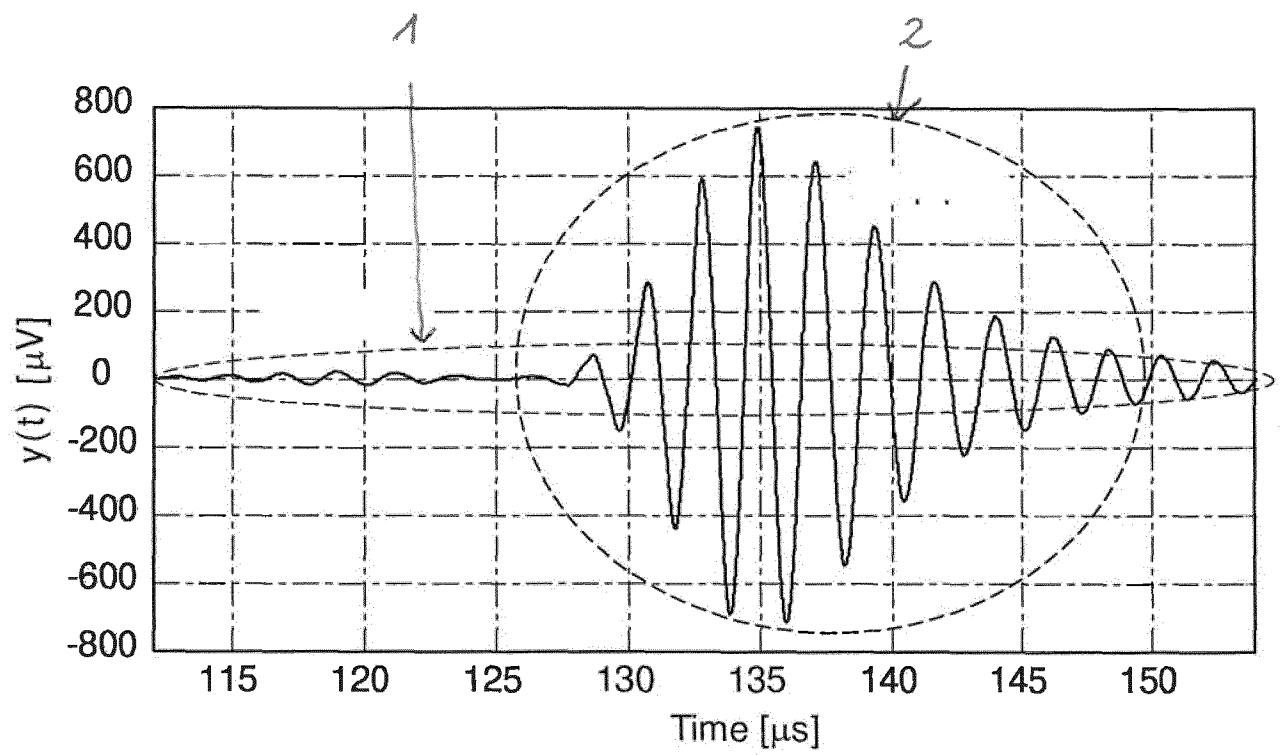


Fig. 1

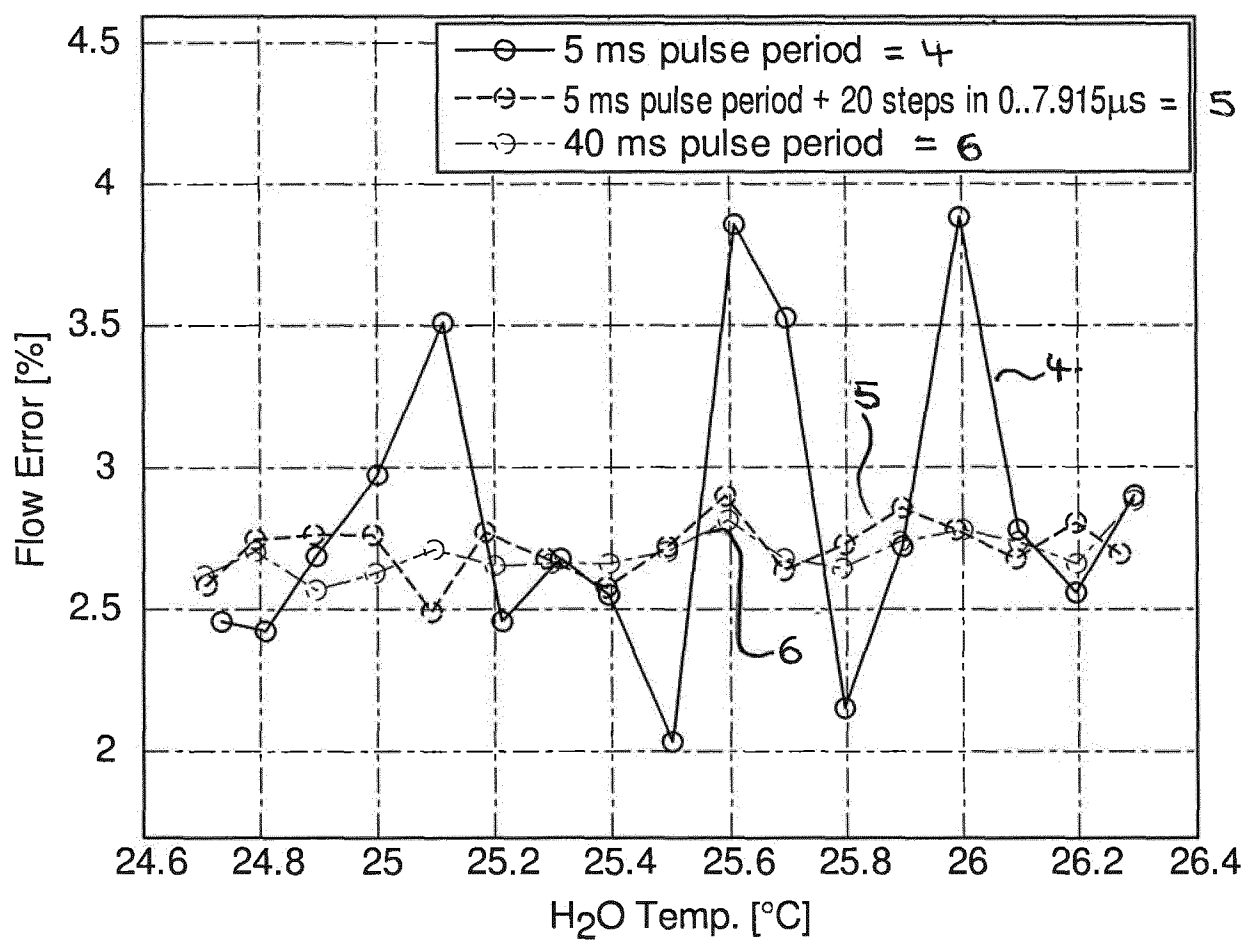
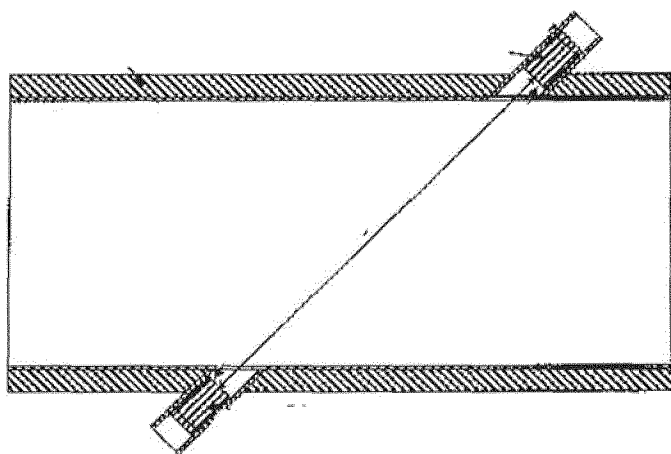


Fig. 2

Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/074588

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01F1/66

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/055171 A1 (FREUND WILLIAM R [US] ET AL FREUND JR WILLIAM R [US] ET AL) 10 March 2005 (2005-03-10) paragraph [0026]; figures 1a,2,4 paragraph [0214] - paragraph [0232] -----	1-10
X	DE 10 2008 043956 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27 May 2010 (2010-05-27) paragraph [0005] - paragraph [0012] paragraphs [0026], [0054]; figures 1,2,4 -----	1-10
X	DE 43 15 725 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 November 1994 (1994-11-17) column 1, line 22 - line 67 -----	1-10
X	US 2012/079890 A1 (UEBERSCHLAG PIERRE [FR]) 5 April 2012 (2012-04-05) paragraphs [0013], [0018] - [0020] paragraph [0049] -----	1,8

☐

Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 February 2014

Date of mailing of the international search report

03/03/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bourhis, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/074588

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005055171 A1	10-03-2005	BR PI0414205 A	31-10-2006
		CA 2538155 A1	24-03-2005
		CN 1864047 A	15-11-2006
		GB 2421793 A	05-07-2006
		HK 1089230 A1	31-08-2007
		US 2005055171 A1	10-03-2005
		WO 2005026668 A1	24-03-2005

DE 102008043956 A1	27-05-2010	NONE	

DE 4315725 A1	17-11-1994	NONE	

US 2012079890 A1	05-04-2012	DE 102009028847 A1	16-12-2010
		EP 2440888 A1	18-04-2012
		US 2012079890 A1	05-04-2012
		WO 2010142512 A1	16-12-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/074588

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01F1/66
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01F

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/055171 A1 (FREUND WILLIAM R [US] ET AL FREUND JR WILLIAM R [US] ET AL) 10. März 2005 (2005-03-10) Absatz [0026]; Abbildungen 1a,2,4 Absatz [0214] - Absatz [0232] -----	1-10
X	DE 10 2008 043956 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27. Mai 2010 (2010-05-27) Absatz [0005] - Absatz [0012] Absätze [0026], [0054]; Abbildungen 1,2,4 -----	1-10
X	DE 43 15 725 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. November 1994 (1994-11-17) Spalte 1, Zeile 22 - Zeile 67 -----	1-10
X	US 2012/079890 A1 (UEBERSCHLAG PIERRE [FR]) 5. April 2012 (2012-04-05) Absätze [0013], [0018] - [0020] Absatz [0049] -----	1,8

☐

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Februar 2014

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

03/03/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bourhis, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/074588

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005055171 A1	10-03-2005	BR PI0414205 A	31-10-2006
		CA 2538155 A1	24-03-2005
		CN 1864047 A	15-11-2006
		GB 2421793 A	05-07-2006
		HK 1089230 A1	31-08-2007
		US 2005055171 A1	10-03-2005
		WO 2005026668 A1	24-03-2005

DE 102008043956 A1	27-05-2010	KEINE	

DE 4315725 A1	17-11-1994	KEINE	

US 2012079890 A1	05-04-2012	DE 102009028847 A1	16-12-2010
		EP 2440888 A1	18-04-2012
		US 2012079890 A1	05-04-2012
		WO 2010142512 A1	16-12-2010
