

(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
1. November 2012 (01.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/146386 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 1/84 (2006.01)

STORM, Ralf [DE/DE]; Manfredstraße 14, 45131 Essen
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/001824

(74) **Anwalt: GESTHUYSEN, VON ROHR & EGGERT;**
Huyssenallee 100, 45128 Essen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. April 2012 (27.04.2012)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 100 092.9
29. April 2011 (29.04.2011) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **KROHNE MESSTECHNIK GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Ludwig-Krohne-Straße 5, 47058 Duisburg
(DE).

(72) **Erfinder; und**

(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,

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **KOLAH, Kourosh**
[DE/DE]; Tonhallenstraße 59, 47051 Duisburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR OPERATING A RESONANCE MEASURING SYSTEM

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES RESONANZMESSSYSTEMS

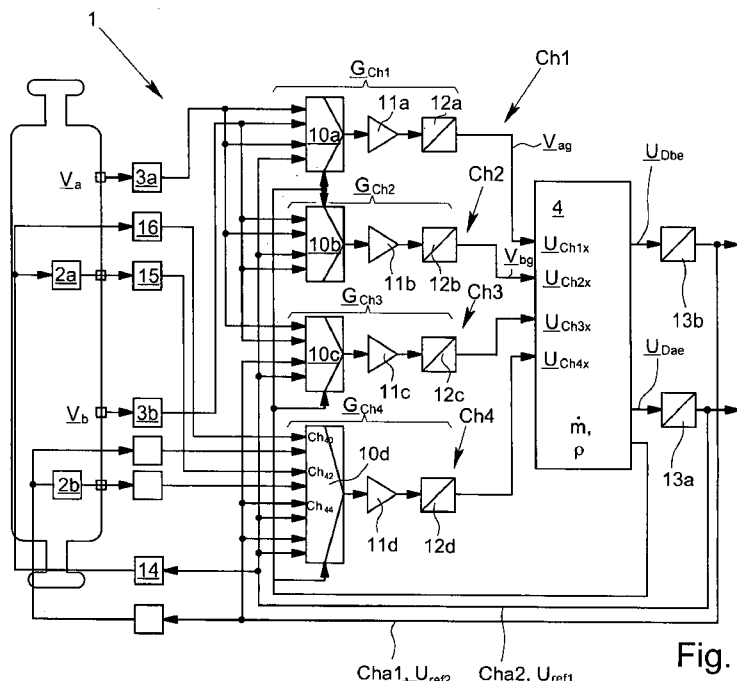


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for operating a Coriolis mass flow measuring device (1), wherein said Coriolis mass flow measuring device (1) comprises at least one measuring pipe through which a medium flows, at least one vibration generator (2a, 2b), at least a first vibration sensor (3a), at least a second vibration sensor (3b) and at least a control and analyzing unit (4). Excitation signals (U_{Dae} , U_{Dbe}) can be guided from the control and analyzing unit (4) to the vibration generator (2a, 2b) via at least one excitation channel (Cha1, Cha2), wherein a first interested primary measurement signal (V_a) can be guided from the first vibration generator (3a) to the control and analyzing unit (4) via at least a first measurement channel (Ch1) and a second interested primary measurement signal (V_b) can be guided from the second vibration generator (3b) to the control and analyzing unit (4) via at least a second measurement channel (Ch2). The detection of the relevant measurement variables or diagnosis parameters is achieved with increased accuracy and security in that the control and analyzing unit (4) calculates, at least indirectly and in a ratiometric manner, at least a derived secondary

variable (m), based on the primary measurement signals (V_{ag} , V_{bg}) transmitted via the measurement channels (Ch1, Ch2, Chn), wherein the interested primary measurement signals (V_a , V_b) are guided alternately to the control and analyzing unit (4) via the different measurement channels (Ch1, Ch2, Chn) and wherein, based on the various values (V_{ag1} , V_{ag2} , V_{agn} ; V_{bg1} , V_{bg2} , V_{bgn}) obtained from the different measurement channels (Ch1, Ch2, Chn) regarding the transmitted primary measurement signals (V_{ag} , V_{bg}), compensation values (V_{am} , V_{bm}) of the transmitted primary measurement signals are calculated and said compensation values (V_{am} , V_{bm}) are used as a basis for the calculation of the derived secondary variable (m).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Beschrieben und dargestellt ist Verfahren zum Betreiben eines Coriolis-Massedurchflussmessgeräts (1), wobei das Coriolis-Massedurchflussmessgerät (1) wenigstens ein von einem Medium durchströmbares Messrohr, wenigstens einen Schwingungserzeuger (2a, 2b), wenigstens einen ersten Schwingungsaufnehmer (3a), wenigstens einen zweiten Schwingungsaufnehmer (3b) und wenigstens eine Steuer- und Auswerteeinheit (4) aufweist, wobei dem Schwingungserzeuger (2a, 2b) von der Steuer- und Auswerteeinheit (4) über wenigstens einen Anregungskanal (Cha1, Cha2) Anregungssignale (U_{Dae} , U_{Dbe}) zuleitbar sind, wobei der Steuer- und Auswerteeinheit (4) von dem ersten Schwingungsaufnehmer (3a) über wenigstens einen ersten Messkanal (Ch1) ein erstes interessierendes Primärmesssignal (V_a) zuleitbar ist und der Steuer- und Auswerteeinheit (4) von dem zweiten Schwingungsaufnehmer (3b) über wenigstens einen zweiten Messkanal (Ch2) ein zweites interessierendes Primärmesssignal (V_b) zuleitbar ist. Die Erfassung der relevanten Messgrößen oder von Diagnoseparameter gelingt mit erhöhter Genauigkeit und Sicherheit, indem dass die Steuer- und Auswerteeinheit (4) zumindest mittelbar aus den über die Messkanäle (Ch1, Ch2, Chn) übertragenen Primärmesssignalen (V_{ag} , V_{bg}) ratiometrisch wenigstens eine abgeleitete Sekundärgröße (m) berechnet, wobei die interessierenden Primärmesssignale (V_a , V_b) wechselnd über die verschiedenen Messkanäle (Ch1, Ch2, Chn) der Steuer- und Auswerteeinheit (4) zugeleitet werden und aus den über die verschiedenen Messkanäle (Ch1, Ch2, Chn) erhaltenen verschiedenen Werten (V_{ag1} , V_{ag2} , V_{agn} , V_{bg1} , V_{bg2} , V_{bgn}) für die übertragenen Primärmesssignale (V_{ag} , V_{bg}) Ausgleichswerte (V_{am} , V_{bm}) der übertragenen Primärmesssignale berechnet werden und die Ausgleichswerte (V_{am} , V_{bm}) der Berechnung der abgeleiteten Sekundärgröße (m) zugrunde gelegt werden.

Verfahren zum Betreiben eines Resonanzmesssystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Coriolis-Massedurchflussmessgeräts, wobei das Coriolis-Massedurchflussmessgerät
5 wenigstens ein von einem Medium durchströmbares Messrohr, wenigstens einen Schwingungserzeuger, wenigstens einen ersten Schwingungsaufnehmer, wenigstens einen zweiten Schwingungsaufnehmer und wenigstens eine Steuer- und Auswerteeinheit aufweist, wobei dem Schwingungserzeuger von der Steuer- und Auswerteeinheit über wenigstens einen Anregungskanal Anregungssignale zuleitbar sind, wobei der Steuer- und Auswerteeinheit von dem
10 ersten Schwingungsaufnehmer über wenigstens einen ersten Messkanal ein erstes interessierendes Primärmesssignal zuleitbar ist und der Steuer- und Auswerteeinheit von dem zweiten Schwingungsaufnehmer über wenigstens einen zweiten Messkanal ein zweites interessierendes Primärmesssignal zuleitbar ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung auch ein Coriolis-Massedurchflussmessgerät, auf dem das vorgenannte Verfahren betrieben wird.

Coriolis-Massedurchflussmessgeräte werden vor allem in der industriellen
20 Prozessmesstechnik dort eingesetzt, wo mit hoher Genauigkeit Masseströme bestimmt werden sollen. Die Funktionsweise von Coriolis-Massedurchflussmessgeräten beruht darauf, dass wenigstens ein von einem Medium durchströmtes Messrohr von einem Schwingungserzeuger zu einer Schwingung angeregt wird, wobei das massebehaftete Medium aufgrund der von zwei ortho-
25 gonalen Geschwindigkeiten – die der Strömung und die des Messrohres – hervorgerufenen Coriolis-Trägheitskraft auf die Wandung des Messrohrs rückwirkt. Diese Rückwirkung des Mediums auf das Messrohr führt zu einer Änderung der Messrohrschwingung im Vergleich zu dem undurchströmten Schwingungszustand des Messrohrs. Durch Erfassung dieser Besonderheiten
30 der Schwingungen des durchströmten Messrohrs – Phasendifferenz und damit Zeitdifferenz zwischen den Auslenkungen zweier Messrohrbereiche, die im undurchströmten Zustand des Messrohres in Phase schwingen – kann der Massedurchfluss durch das Messrohr mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Bei homogenen Medien können mit hochwertigen Coriolis-Massedurch-
35 flussmessgeräten Genauigkeiten von etwa 0,04 % vom Messwert erzielt wer-

den, weshalb Coriolis-Massedurchflussmessgeräte häufig auch im eichpflichtigen Verkehr eingesetzt werden.

Die hohen Genauigkeitsanforderungen können nur eingehalten werden, wenn
5 der Zustand des Coriolis-Massedurchflussmessgeräts genau erfasst wird und
das Messergebnis beeinflussende Größen bei der Berechnung des Massedurchflusses berücksichtigt werden. Dazu werden informationstragende Signale, also die Anregungssignale (Ströme und/oder Spannungen) und die interessierenden Primärmesssignale – also die Auslenkungen des Messrohres –
10 über Messkanäle erfasst. Auch andere bekannte Einflussgrößen, wie beispielsweise Temperaturen und mechanische Spannungen an signifikanten Stellen des Messrohres können über Messkanäle erfasst werden und durch Verfahren zum Betreiben von Coriolis-Massedurchflussmessgeräten der Bestimmung des Massedurchflusses zugrunde gelegt werden. Derartige Verfahren basieren häufig auf einem mathematischen Model des Coriolis-Massedurchflussmessgeräts, dessen interne Modellparameter während des Messbetriebs bestimmt werden, so dass eine Korrektur der Massedurchflussmessung im laufenden Betrieb möglich ist (z. B. Schröder, T., Kolahi, K., Röck, H.: "Neuartige Regelung eines Coriolis-Massedurchflussmessers",
15 Technisches Messen 71, 2004, Seiten 259-268).
20

Coriolis-Massedurchflussmessgeräte eignen sich nicht nur zur Bestimmung eines Massedurchflusses, vielmehr können sie auch beispielsweise zur Bestimmung der Fluidichte und der Viskosität des Mediums verwendet werden,
25 genau so wie sie auch zur Erfassung von Diagnoseparametern geeignet sind, wie beispielsweise die Erfassung einer mehrphasigen Strömung oder die Erfassung von Ablagerungen. Auch hinsichtlich dieser Größen besteht ein starkes Interesse an einer möglichst präzisen und vor allem dauerhaft präzisen Erfassung der Messwerte. Der Wunsch nach einer gesicherten präzisen Messung
30 wird nicht zuletzt auch durch sicherheitstechnische Überlegungen motiviert, beispielsweise um bestimmte Sicherheitsanforderungsstufen – Safety-Integrity Level (SIL) zu erreichen –.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines Coriolis-Massedurchflussmessgeräts und ein entsprechendes Coriolis-Massedurchflussmessgerät anzugeben, das eine Erfassung der relevanten
35

Messgrößen oder Diagnoseparameter mit erhöhter Genauigkeit und insbesondere sicher gestattet.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Coriolis-Massedurchflussmessgeräts, bei dem die zuvor hergeleitete und aufgezeigte Aufgabe gelöst ist, ist zunächst dadurch gekennzeichnet, dass die Steuer- und Auswerteeinheit zumindest mittelbar aus den über die Messkanäle übertragenen Primärmesssignalen ratiometrisch wenigstens eine abgeleitete Sekundärgröße ($\dot{m}$) berechnet, wobei die interessierenden Primärmesssignale wechselnd über die verschiedenen Messkanäle der Steuer- und Auswerteeinheit zugeleitet werden und aus den über die verschiedenen Messkanäle erhaltenen verschiedenen Werten für die übertragenen Primärmesssignale Ausgleichswerte der übertragenen Primärmesssignale berechnet werden und die Ausgleichswerte der Berechnung der abgeleiteten Sekundärgröße zugrunde gelegt werden.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass zur Erzielung einer hohen Messgenauigkeit nicht nur in unmittelbarem Zusammenhang mit den konstruktiven Elementen des Coriolis-Massedurchflussmessgeräts stehenden Größen von Interesse sind, sondern vielmehr auch die Erfassung und Verarbeitung der messtechnisch aufzunehmenden und interessierenden Primärmesssignale sowie deren signalmäßige Übertragung von großer Bedeutung sind. Die eingangs beschriebenen hohen Genauigkeiten können nur dann erreicht werden, wenn im Falle der Bestimmung des Massedurchflusses die massestrombedingte Phasenverschiebung nicht durch eine von den Messkanälen verursachte Phasenverschiebung überdeckt und beeinträchtigt wird. Das kann beispielsweise bedeuten, dass die durch die Messkanäle bedingte Phasenverschiebung nicht größer als zum Beispiel $0,5 \mu\text{rad}$ sein darf. Eine Stabilität der Messkanäle von beispielsweise $0,5 \mu\text{rad}$ kann jedoch auf herkömmlichem Wege nur durch ganz erheblichen konstruktiven und kostenintensiven Aufwand zur strengen Einhaltung von Referenzbedingungen und auch dann nur für sehr kleine Zeiten – im Sekundenbereich – gewährleistet werden, was selbstverständlich unbefriedigend ist. Das erfindungsgemäße Verfahren zielt darauf ab, die interessierenden – also die zur Berechnung der abgeleiteten Sekundärgröße erforderlichen – Primärmesssignale wechselnd über die verschiedenen Messkanäle zu leiten und der Steuer- und Auswerteeinheit zuzuleiten, so dass beispielsweise das in-

teressierende erste Primärmesssignal zeitweise über einen ersten Messkanal geleitet wird und zeitweise über einen zweiten Messkanal geleitet wird und ferner ein zweites interessierendes Primärmesssignal zeitweise über den zweiten Messkanal und zeitweise über den ersten Messkanal geleitet wird. Dies hat zur Folge, dass das Übertragungsverhalten der verschiedenen Messkanäle sich gleichermaßen auf die verschiedenen interessierenden Primärmesssignale auswirkt und sich in den am Ausgang der Messkanäle erhaltenen Werten für die übertragenen Primärmesssignale niederschlägt. Diese nach Durchlaufen der verschiedenen Messkanäle erhaltenen Werte für die übertragenen Primärmesssignale werden dann zur Berechnung von Ausgleichswerten verwendet, die einen numerischen Ausgleich zwischen den verschiedenen Werten für die übertragenen Primärmesssignale herstellen. Mit den so erhaltenen Ausgleichswerten wird dann die Berechnung der abgeleiteten Sekundärgröße durchgeführt.

Bei den interessierenden Primärmesssignalen kann es sich beispielsweise um die Geschwindigkeitssignale der Schwingungsaufnehmer handeln, wobei der erste Schwingungsaufnehmer im Bereich der Einlaufseite des Messrohres vorgesehen ist und der zweite Schwingungsaufnehmer im Bereich der Auslaufseite des Messrohrs vorgesehen ist. Ein besonders vorteilhafter Effekt hinsichtlich der Reduzierung eines Messfehlers ergibt sich dann, wenn die abgeleitete Sekundärgröße – typischerweise der Massedurchfluss – ratiometrisch aus den übertragenen Primärmesssignalen bzw. aus den Ausgleichswerten der übertragenen Primärmesssignale berechnet wird, also durch Bildung des Verhältnisses von mathematischen Ausdrücken in den Ausgleichswerten, wobei die Ausgleichswerte aufgrund ihrer Berechnung die gleiche Störungsüberlagerung aufweisen. Im Fall der Bestimmung des Massedurchflusses kann der Massedurchfluss beispielsweise ratiometrisch durch die Bildung des Quotienten aus der Differenz der Primärmesssignale einerseits und der Summe der Primärmesssignale andererseits berechnet werden; dies wird unten im Rahmen der Figurenbeschreibung gleichungsmäßig ausführlich erläutert.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens werden die Ausgleichswerte der übertragenen Primärmesssignale durch Mittelwertbildung aus den über die verschiedenen Messkanäle erhaltenen verschiedenen Werten für die

übertragenen Primärmesssignale berechnet, insbesondere durch Bildung des arithmetischen Mittelwertes.

5 In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die interessierenden Primärmesssignale wechselnd über die verschiedenen Messkanäle der Steuer- und Auswerteeinheit zugeleitet, so dass die verschiedenen Messkanäle alternierend mit der Übertragung verschiedener interessie-
10 render Primärmesssignale befasst sind. Bei einer alternativen Ausgestaltung des Verfahrens wird je ein interessierendes Primärmesssignal gleichzeitig über verschiedene Messkanäle zu der Steuer- und Auswerteeinheit übertragen, so dass gleichzeitig über verschiedene Messkanäle übertragene und erhaltene Werte für das jeweils eine übertragene Primärmesssignal vorliegen und aus diesen quasi gleichzeitig gewonnenen Werten für die übertragenen Primär-
15 messsignalen Ausgleichswerte berechnet werden können.

20 Vorzugsweise dauert die Messperiode, während der ein bestimmtes Primärmesssignal über einen Messkanal übertragen wird, so lange an, bis Transienten des Übertragungsverhaltens des Messkanals abgeklungen sind. Dadurch wird bewirkt, dass die erhaltenen verschiedenen Werte für die übertragenen Primärmesssignale wenig streuen, insbesondere dann nämlich wenig streuen,
25 wenn die verschiedenen Werte für die übertragenen Primärmesssignale zeitlich aufeinanderfolgend erhalten werden. Weitere Fehler können dadurch vermieden werden, dass die ersten Messwerte nach Umschalten eines Messkanals verworfen werden, wodurch automatisch ungewünschte transiente Vorgänge außer Betracht bleiben.

30 Als ganz besonders vorteilhaft hat sich die Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens herausgestellt, bei der wenigstens ein Messkanal mit wenigstens einem bekannten Referenzsignal direkt beaufschlagt wird, das Messkanal-Antwortsignal des beaufschlagten Messkanals erfasst wird und bei der die Übertragungsfunktion des Messkanals anhand des bekannten Referenzsig-
35 nals und anhand des erfassten Messkanal-Antwortsignals bestimmt wird. Dies ist deshalb vorteilhaft, weil das identifizierte Übertragungsverhalten des Messkanals nachfolgend zu einer weiteren Korrektur des Übertragungsverhaltens der Messkanäle verwendet werden kann. Wenn es heißt, dass das Referenzsignal bekannt ist, dann ist damit gemeint, dass es an der Stelle seiner ori-

ginären Erzeugung bekannt ist, also beispielsweise in der Steuer- und Auswerteeinheit – beispielsweise einem DSP –, wo es generiert wird und deshalb dort als exakt bekannt angesehen werden darf. Als Referenzsignal wird in einer bevorzugten Ausgestaltung einfach das Anregungssignal für das Messrohr verwendet.

Eine weitere besonders vorteilhafte Ergänzung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass wenigstens ein Anregungskanal mit wenigstens einem bekannten Referenzsignal direkt beaufschlagt wird, das Antwortsignal des beaufschlagten Anregungskanals erfasst wird und die Übertragungsfunktion des Anregungskanals anhand des bekannten Referenzsignals und anhand des erfassten Anregungskanal-Antwortsignals identifiziert wird. Auch hier lässt sich das Wissen über das Übertragungsverhalten des identifizierten Anregungskanals zu einer Messwertkorrektur heranziehen.

Das bekannte Referenzsignal wird von der Steuer- und Auswerteeinheit ausgegeben und im weiteren Verlauf durch das Übertragungsverhalten der nachgeordneten Komponenten verändert, insgesamt also durch das Übertragungsverhalten des verwendeten Anregungskanals und des verwendeten Messkanals. Ein Abgleich von Kanälen erfolgt dann praktisch auf den so verwendeten Referenzkanal.

Mit der identifizierten Übertragungsfunktion des Messkanals oder/und mit der identifizierten Übertragungsfunktion des Anregungskanals wird vorzugsweise das tatsächliche Übertragungsverhalten des Messkanals oder/und das tatsächliche Übertragungsverhalten des Anregungskanals – rechnerisch – korrigiert. Vorzugsweise geschieht diese Korrektur im Frequenzbereich, indem nämlich das jeweilige von der Steuer- und Auswerteeinheit empfangene übertragene Signal in orthogonale Komponenten zerlegt wird, der Frequenzgang der identifizierten Übertragungsfunktion des Messkanals oder des Anregungskanals für die aktuelle Anregungsfrequenz invertiert wird und die Sinus- und Kosinusfunktion der sich ergebenden invertierten Phase berechnet wird und mit Hilfe des invertierten Amplitudengangs zwei Korrekturfaktoren berechnet werden, mit denen die gemessenen orthogonalen Komponenten korrigiert werden.

Die zuvor hergeleitete Aufgabe wird ferner bei einem Coriolis-Massedurchflussmessgerät mit wenigstens einem von einem Medium durchströmbar**en** Messrohr, wenigstens einem Schwingungserzeuger, wenigstens einem ersten Schwingungsaufnehmer, wenigstens einem zweiten Schwingungsaufnehmer und mit wenigstens einer Steuer- und Auswerteeinheit dadurch gelöst, dass eine Multiplexereinrichtung mit $n+r$ Eingängen und m Ausgängen vorgesehen ist, n Eingänge der Multiplexereinrichtung mit n Primärsignalen beaufschlagbar sind, r Eingänge der Multiplexereinrichtung mit r Referenzsignalen beaufschlagbar sind, wobei $m > 1$, $n > 1$ und $r > 1$ gilt, und die m Ausgänge der Multiplexereinrichtung unmittelbar oder mittelbar über Filtereinrichtungen mit Eingängen der Steuer- und Auswerteeinheit verbunden sind, so dass über die Multiplexereinrichtung wenigstens zwei umschaltbare Messkanäle realisiert sind, wobei die Steuer- und Auswerteeinheit ganz konkret so eingerichtet ist, dass im Betrieb das zuvor beschriebene Verfahren ausgeführt wird.

Diese Anordnung ermöglicht es, n Primärmesssignale und r Referenzsignale wechselnd auf m Ausgänge der Multiplexereinrichtung zu schalten, wobei ein Primärmesssignal oder ein Referenzsignal auf verschiedene Ausgänge der Multiplexereinrichtung gleichzeitig durchgeschaltet werden kann, so dass das Primärmesssignal oder das Referenzsignal über mehr als einen Messkanal übertragen wird. Dabei unterliegen die über verschiedene Messkanäle übertragenen gleichen Primärmesssignale den gleichen unvermeidbaren Störungen der beteiligten Messkanäle, also beispielsweise Gleichtakt- als auch Gegentaktstörungen der Messkanäle.

Durch die weiteren Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines Coriolis-Massedurchflussmessgeräts – Mittelwertbildung der erhaltenen verschiedenen Werte für die übertragenen Primärmesssignale und Subtraktion der Mittelwerte der verschiedenen Primärmesssignale – kann die gesuchte abgeleitete Sekundärgröße, speziell der Massestrom, unabhängig von Störungen der Messkanäle ermittelt werden. Das Multiplexen der Mess- und Antriebskanäle ermöglicht sowohl den Abgleich der Messkanäle und der Anregungskanäle aufeinander als auch die störungsfreie Bestimmung der Sekundärgrößen. Unter dem Abgleich der Kanäle ist zu verstehen, dass die Kanäle so beeinflusst werden, dass sie gleiches Übertragungsverhalten aufweisen, al-

so zu gleichen Messwerten führen, unabhängig davon, ob absolut gesehen ein – aufgrund des Abgleichs gleicher – Messfehler vorliegt. Diese Messfehler wirken sich jedenfalls dann nicht mehr aus, wenn der Bestimmung der Ausgleichswerte eine Differenzbildung und/oder eine Quotientenbildung der aus
5 den verschiedenen abgeglichenen Messkanälen erhaltenen Werte zu Grunde liegt.

Bevorzugt wird das zuvor beschriebene Verfahren verwendet im Zusammenhang mit Coriolis-Massedurchflussmessgeräten, die wenigstens drei Messkanäle aufweisen. Dann stehen immer zwei Messkanäle für die eigentliche Messung zur Verfügung, während der jeweils verbleibende Messkanal identifiziert werden kann. Die so gewonnene Redundanz ist insbesondere auch von Vorteil zur Erfüllung von SIL-Sicherheitsanforderungsstufen.

15 Im Einzelnen gibt es nun verschiedene Möglichkeiten, das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Coriolis-Massedurchflussmessgeräts und das erfindungsgemäße Coriolis-Massedurchflussmessgerät auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird verwiesen auf die den Patentansprüchen 1 und 11 nachgeordneten Patentansprüche und auf die Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen
20

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Coriolis-Massedurchflussmessgeräts zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines Coriolis-Massedurchflussmessgeräts,
25

Fig. 2 eine weitere schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Coriolis-Massedurchflussmessgeräts,

30 Fig. 3 den Amplitudengang und den Phasengang eines identifizierten Messkanals, den Frequenzgang eines Korrekturgliedes und einen korrigierter Frequenzgang eines Messkanals und

Fig. 4 ein Blockschaltbild zur Erläuterung der Korrektur des Übertragungsverhaltens eines Messkanals im Frequenzbereich.
35

In den Figuren 1 und 2 ist zunächst ganz schematisch dargestellt ein Coriolis-Massedurchflussmessgerät 1, das – nicht dargestellt – ein von einem Medium durchströmbares Messrohr aufweist und zwei Schwingungserzeuger 2a, 2b sowie einen ersten Schwingungsaufnehmer 3a und einen zweiten Schwingungsaufnehmer 3b (Fig. 1). Die Schwingungserzeuger 2a, 2b werden beispielsweise durch durchstrombare Spulen mit einem permanenten Magneten gebildet, so dass bei Beaufschlagung der Spulen mit einem Strom eine Kraft auf das Messrohr ausgeübt wird. Ferner weist das Coriolis-Massedurchflussmessgerät 1 eine Steuer- und Auswerteeinheit 4 auf, wobei durch die Steuer- und Auswerteeinheit 4 Anregungssignale $\underline{U}_{Dae}$, $\underline{U}_{Dbe}$ erzeugt werden, die jeweils über einen Anregungskanal Ch1, Ch2 dem jeweiligen Schwingungserzeuger 2a, 2b zugeleitet werden. Die Steuer- und Auswerteeinheit 4 empfängt darüber hinaus über einen ersten Messkanal Ch1 von dem ersten Schwingungsaufnehmer 3a ein erstes interessierendes Primärmesssignal $\underline{V}_a$, und die Steuer- und Auswerteeinheit 4 empfängt ferner über wenigstens einen zweiten Messkanal Ch2 von dem zweiten Schwingungsaufnehmer 3b ein zweites interessierendes Primärmesssignal $\underline{V}_b$. Bei den interessierenden Primärmesssignalen $\underline{V}_a$, $\underline{V}_b$ handelt es sich hier um die von den Schwingungsaufnehmern 3a, 3b erfassten Geschwindigkeitssignale der Messrohrbewegung.

Die Komponenten des in Fig. 1 dargestellten Coriolis-Massedurchflussmessgerätes 1 werden vorliegend so betrieben, dass die Steuer- und Auswerteeinheit 4 mittelbar aus den über die Messkanäle Ch1, Ch2 übertragenen Primärmesssignalen $\underline{V}_{ag}$, $\underline{V}_{bg}$, ratiometrisch eine abgeleitete Sekundärgröße in Form des Massedurchflusses $\dot{m}$ berechnet, wobei die interessierenden Primärmesssignale $\underline{V}_a$, $\underline{V}_b$ wechselnd über die verschiedenen Messkanäle Ch1, Ch2 der Steuer- und Auswerteeinheit 4 zugeleitet werden. Aus den über die verschiedenen Messkanäle Ch1, Ch2 erhaltenen verschiedenen Werten $\underline{V}_{ag1}$, $\underline{V}_{ag2}$ und $\underline{V}_{bg1}$, $\underline{V}_{bg2}$ für die übertragenen Primärmesssignale $\underline{V}_{ag}$, $\underline{V}_{bg}$ werden dann Ausgleichswerte $\underline{V}_{am}$, $\underline{V}_{bm}$ der übertragenen Primärmesssignale $\underline{V}_{ag}$, $\underline{V}_{bg}$ berechnet. $\underline{V}_{agn}$ bezeichnet hier den über Messkanal Chn erhaltenen und gemessenen Wert des interessierenden Primärmesssignals $\underline{V}_a$. Die berechneten Ausgleichswerte $\underline{V}_{am}$ und $\underline{V}_{bm}$ werden dann für die Berechnung der abgeleiteten Sekundärgröße – vorliegend des Massedurchflusses $\dot{m}$ – zugrunde gelegt.

Bei der Steuer- und Auswerteeinheit 4 handelt es sich im vorliegenden Fall um einen digitalen Signalprozessor (DSP), bei dem verschiedene signalverarbeitende Funktionseinheiten in einem Bauteil integriert sind. Selbstverständlich kann auch ein diskreter hardwaremäßiger Aufbau gewählt werden, darauf
5 kommt es bei der vorliegenden Erfindung nicht an.

Das Problem des sich kurz-, mittel- und/oder langfristig verändernden Übertragungsverhaltens der Messkanäle Ch1, Ch2 für die Messgenauigkeit wird bei gleichungsmäßiger Betrachtung der Messstrecke deutlich. Die Veränderung des Übertragungsverhaltens der Messkanäle kann beispielsweise begründet sein in einer Temperaturabhängigkeit, durch Alterungsprozesse der eingesetzten Komponenten oder durch eine Frequenzabhängigkeit des Übertragungsverhaltens.
10

In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Geschwindigkeit des Messrohres an den Positionen a und b über die Schwingungsaufnehmer 3a, 3b in Form von zwei elektromagnetischen Sensoren erfasst und mittels der Messkanäle Ch1 und Ch2 mit den Übertragungsfunktionen $\underline{G}_{Ch1}$ und $\underline{G}_{Ch2}$ gemessen. Die Schwingungsaufnehmer 3a, 3b formen die erfasste Bewegung – interessierendes Primärmeßsignal $\underline{V}_a$, $\underline{V}_b$ – in entsprechende Spannungen $\underline{U}_{Va}$, $\underline{U}_{Vb}$ um. Die Bestimmungsgleichungen für die Messstrecke lauten demnach wie folgt:
15
20

$$\left. \begin{array}{l} \underline{U}_{Va}(j\omega) = \underline{G}_{Va}(j\omega) \cdot \underline{V}_a(j\omega) \\ \underline{V}_{ag}(j\omega) = \underline{G}_{Ch1}(j\omega) \cdot \underline{U}_{Va}(j\omega) \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{V}_a(j\omega) = \frac{\underline{V}_{ag}(j\omega)}{\underline{G}_{Va}(j\omega) \cdot \underline{G}_{Ch1}(j\omega)}$$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{U}_{Vb}(j\omega) = \underline{G}_{Vb}(j\omega) \cdot \underline{V}_b(j\omega) \\ \underline{V}_{bg}(j\omega) = \underline{G}_{Ch2}(j\omega) \cdot \underline{U}_{Vb}(j\omega) \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{V}_b(j\omega) = \frac{\underline{V}_{bg}(j\omega)}{\underline{G}_{Vb}(j\omega) \cdot \underline{G}_{Ch2}(j\omega)} \quad \text{Gl. 1}$$

30

Hierin bedeuten:

- $\underline{G}_{Va,b}$ Übertragungsfunktionen der Schwingungsaufnehmer 3a, 3b in Form von Geschwindigkeitssensoren an den Messrohrpositionen a und b,
35 $\underline{G}_{Ch1,2}$ Übertragungsfunktionen der Messkanäle Ch1 und Ch2,
 $\underline{V}_{a,b}$ komplexe Geschwindigkeit des Messrohrs an den Positionen a und b,

- $\underline{U}_{Va, Vb}$ komplexe Spannungen der Schwingungsaufnehmer 3a, 3b,
 $\underline{V}_{ag, bg}$ komplexe Werte der über die Messkanäle gemessenen Geschwindigkeiten
 V_a, V_b des Messrohrs und
 ω Kreisfrequenz der Anregung.

5

Im vorliegenden Fall wird das Messrohr mit einer Frequenz angeregt, die der Eigenresonanzkreisfrequenz der ersten Eigenform des Messrohrs entspricht. Bei einer Durchströmung des Messrohres stellt sich dann automatisch eine Schwingung des Messrohres in der zweiten Eigenform ein, wobei die einlaufseitige Schwingung und die auslaufseitige Schwingung des Messrohres in Abhängigkeit von dem Massedurchfluss phasenverschoben zueinander sind und die Phasenverschiebung bzw. die Zeitverzögerung zwischen den einlaufseitig und auslaufseitig erfassten Schwingungen ein direktes Maß für den Massedurchfluss darstellen. Die Phasendifferenz zwischen der einlaufseitigen und der auslaufseitigen Schwingung des Messrohres lässt sich im Falle der komplexen Geschwindigkeiten $\underline{V}_a, \underline{V}_b$ als Differenz dieser komplexwertigen Größen darstellen. Insgesamt wird im vorliegenden Fall der Massestrom ratiometrisch durch den folgenden Zusammenhang berechnet:

20

$$\dot{m} = f\left(\frac{\underline{V}_a(j\omega) - \underline{V}_b(j\omega)}{\underline{V}_a(j\omega) + \underline{V}_b(j\omega)}\right) = f\left(\frac{\underline{V}_2(j\omega)}{\underline{V}_1(j\omega)}\right) \quad \text{Gl. 2}$$

25

Hierbei ist $\underline{V}_1$ die Geschwindigkeit der ersten Eigenform und $\underline{V}_2$ die Geschwindigkeit der zweiten Eigenform der Messrohrschwingung. Die Berechnung ist deshalb ratiometrisch, weil die Differenz der interessierenden Primärmesssignale dividiert wird durch die Summe der interessierenden Primärmesssignale, die bei Übertragung über die Messkanäle Ch1, Ch2 die gleichen Beeinflussungen erfahren.

30

Ganz konkret kann die Funktion zur Ermittlung des Massedurchflusses wie folgt implementiert werden, darauf kommt es jedoch im Detail nicht an:

35

$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= \operatorname{Re}\left\{\frac{\underline{V}_2}{\underline{V}_1} \cdot \frac{1}{k_{CN} \cdot \underline{G}_2} - \frac{\underline{K}}{k_{CN}}\right\} \\
 \dot{m} &= \operatorname{Re}\left\{\frac{\operatorname{Re}\{\underline{V}_2\} + j\operatorname{Im}\{\underline{V}_2\}}{\operatorname{Re}\{\underline{V}_1\} + j\operatorname{Im}\{\underline{V}_1\}} \cdot \frac{1}{k_{CN} \cdot j \cdot \operatorname{Im}\{\underline{G}_2\}}\right\} - \frac{k_v}{k_{CN}} \\
 \dot{m} &= \frac{\operatorname{Im}\{\underline{V}_2\} \cdot \operatorname{Re}\{\underline{V}_1\} - \operatorname{Re}\{\underline{V}_2\} \cdot \operatorname{Im}\{\underline{V}_1\}}{\operatorname{Re}\{\underline{V}_1\}^2 + \operatorname{Im}\{\underline{V}_1\}^2} \cdot \frac{1}{k_{CN} \cdot \operatorname{Im}\{\underline{G}_2\}} - \frac{k_v}{k_{CN}}
 \end{aligned}$$

mit

- $\underline{V}_{12} = \underline{V}_a + \underline{V}_b$ Geschwindigkeit der ersten Eigenform,
 $\underline{V}_2 = \underline{V}_a - \underline{V}_b$ Geschwindigkeit der zweiten Eigenform,
 5 Re, Im Real- bzw. Imaginärteil,
 k_{CN} Coriolis-Beiwert im Normalmode,
 $\underline{G}_2$ Übertragungsfunktion der zweiten Eigenform des Messrohrs und
 k_v Beiwert der geschwindigkeitsproportionalen Kopplung der
 Messrohrhälften.

10

Nachfolgend wird zur Erhöhung der Übersichtlichkeit das komplexe Argument $j\omega$ weggelassen. Die zunächst angestellte Betrachtung schildert die Messung für den Fall, dass jedes der beiden Geschwindigkeitssignale über immer denselben von zwei unabhängigen Messkanälen ermittelt werden, wie dies auch aus dem Stand der Technik bekannt ist; daran wird zunächst die der Erfindung zugrunde liegende Problematik deutlich.

15

20

Zunächst werden in Gl. 2 die interessierenden Primärmesssignale $\underline{V}_a, \underline{V}_b$ – die tatsächlichen Messrohrgeschwindigkeiten an den Positionen a und b des Messrohres – ersetzt durch die gemessenen Größen $\underline{V}_{ag}$ und $\underline{V}_{bg}$, es resultiert:

$$\frac{\underline{V}_a - \underline{V}_b}{\underline{V}_a + \underline{V}_b} = \frac{\underline{G}_{vb} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{V}_{ag} - \underline{G}_{va} \cdot \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{V}_{bg}}{\underline{G}_{vb} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{V}_{ag} + \underline{G}_{va} \cdot \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{V}_{bg}} \quad \text{Gl. 3}$$

25

Vereinfachend, jedoch ohne Beschränkung der Allgemeinheit, wird angenommen, dass die Übertragungsfunktionen der beiden Geschwindigkeitssensoren 3a, 3b gleich sind, die Übertragungsfunktionen also aufeinander abgeglichen sind, was durch selektive Auswahl der Schwingungsaufnehmer (Spule und Magnet) erreicht werden kann. Damit gilt:

30

$$\underline{G}_{va} = \underline{G}_{vb} = \underline{G}_v \Rightarrow \frac{\underline{V}_a - \underline{V}_b}{\underline{V}_a + \underline{V}_b} = \frac{\underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{V}_{ag} - \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{V}_{bg}}{\underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{V}_{ag} + \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{V}_{bg}} \quad \text{Gl. 4}$$

35

Wenn das Übertragungsverhalten der beiden Messkanäle Ch1, Ch2 um $\Delta \underline{G}_{Ch}$ voneinander abweichen, dann gilt ferner:

$$\begin{aligned}\underline{G}_{Ch1} &= \underline{G}_{Ch} + \Delta \underline{G}_{Ch}; & \underline{G}_{Ch2} &= \underline{G}_{Ch} - \Delta \underline{G}_{Ch} \\ \underline{G}_{Ch} &= \frac{\underline{G}_{Ch1} + \underline{G}_{Ch2}}{2}; & \Delta \underline{G}_{Ch} &= \frac{\underline{G}_{Ch1} - \underline{G}_{Ch2}}{2}\end{aligned}$$

5

Durch Einsetzen dieses Zusammenhangs in Gl. 4 resultiert:

$$\frac{\underline{V}_a - \underline{V}_b}{\underline{V}_a + \underline{V}_b} = \frac{\underline{G}_{Ch} \cdot (\underline{V}_{ag} - \underline{V}_{bg}) - \Delta \underline{G}_{Ch} \cdot (\underline{V}_{ag} + \underline{V}_{bg})}{\underline{G}_{Ch} \cdot (\underline{V}_{ag} + \underline{V}_{bg}) - \Delta \underline{G}_{Ch} \cdot (\underline{V}_{ag} - \underline{V}_{bg})} \quad \text{Gl. 5}$$

10

Da die Abweichung der Übertragungsfunktionen der Messkanäle kleiner ist als die identischen Teile der Übertragungsfunktion $\underline{G}_{Ch}$ der Messkanäle, gilt:

$$\underline{G}_{Ch} \cdot (\underline{V}_{ag} + \underline{V}_{bg}) \gg \Delta \underline{G}_{Ch} \cdot (\underline{V}_{ag} - \underline{V}_{bg}) \quad \text{Gl. 6}$$

15

womit sich Gl. 5 näherungsweise beschreiben lässt mit:

$$\frac{\underline{V}_a - \underline{V}_b}{\underline{V}_a + \underline{V}_b} \approx \frac{(\underline{V}_{ag} - \underline{V}_{bg})}{(\underline{V}_{ag} + \underline{V}_{bg})} - \frac{\Delta \underline{G}_{Ch}}{\underline{G}_{Ch}} \quad \text{Gl. 7}$$

20

Aus der vorgenannten Betrachtung ergibt sich, dass die Genauigkeit der Messung direkt von der relativen Abweichung des Übertragungsverhaltens der Messkanäle abhängt, wobei erfahrungsgemäß gilt

25

$$\frac{\Delta \underline{G}_{Ch}}{\underline{G}_{Ch}} \approx 10^{-4} \dots 10^{-2},$$

so dass die eingangs erwähnte gewünschte Genauigkeit ohne Weiteres nicht realisiert werden kann. Dieses Problem wird durch das erfindungsgemäße und nachfolgend beschriebene Verfahren gelöst. Die grundlegende Idee besteht zunächst darin, die interessierenden Primärmesssignale $\underline{V}_a$, $\underline{V}_b$ über unabhängige Messkanäle Ch1, Ch2 zu erfassen.

30

In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel werden zur Unterdrückung der Einflüsse der Messkanäle Ch1, Ch2 auf die Messung die interessierenden Primärmesssignale $\underline{V}_a$, $\underline{V}_b$ alternierend über die beiden Messkanäle Ch1, Ch2 gemessen, so dass für eine vordefinierte Zeit das Geschwindigkeitssignal $\underline{V}_a$ über den Messkanal

35

- Ch1 und anschließend über den Messkanal Ch2 gemessen wird. Genauso wird mit dem Geschwindigkeitssignal $\underline{V}_b$ verfahren, wobei vorzugsweise die Messdauer für die beiden Messkanäle Ch1, Ch2 gleich gewählt wird. Die so erhaltenen verschiedenen Werte $\underline{V}_{ag1}$, $\underline{V}_{ag2}$ werden dann herangezogen zur Berechnung eines Ausgleichswertes $\underline{V}_{am}$, vorliegend nämlich durch Bildung des arithmetischen Mittelwertes. Für das erste interessierende Primärmesssignal, also das Geschwindigkeitssignal $\underline{V}_a$ lauten dann die Messgleichungen (Gl. 8):

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} \underline{U}_{va1} &= \underline{G}_{va} \cdot \underline{V}_{a1} \\ \underline{V}_{ag1} &= \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{U}_{va1} \\ \underline{U}_{va2} &= \underline{G}_{va} \cdot \underline{V}_{a2} \\ \underline{V}_{ag2} &= \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{U}_{va2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \underline{V}_{a1} &= \frac{\underline{V}_{ag1}}{\underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{va}} \\ \underline{V}_{a2} &= \frac{\underline{V}_{ag2}}{\underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{va}} \end{aligned} \right. \quad \text{Gl. 8} \\
 & \Rightarrow \underline{V}_{am} = \frac{\underline{V}_{a1} + \underline{V}_{a2}}{2} = \frac{\underline{V}_{ag1} \cdot \underline{G}_{Ch2} + \underline{V}_{ag2} \cdot \underline{G}_{Ch1}}{2 \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{va}}
 \end{aligned}$$

- Entsprechendes gilt für das zweite interessierende Primärmesssignal, also das Geschwindigkeitssignal $\underline{V}_b$ Gl. 9:

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} \underline{U}_{vb1} &= \underline{G}_{vb} \cdot \underline{V}_{b1} \\ \underline{V}_{bg1} &= \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{U}_{vb1} \\ \underline{U}_{vb2} &= \underline{G}_{vb} \cdot \underline{V}_{b2} \\ \underline{V}_{bg2} &= \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{U}_{vb2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \underline{V}_{b1} &= \frac{\underline{V}_{bg1}}{\underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{vb}} \\ \underline{V}_{b2} &= \frac{\underline{V}_{bg2}}{\underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{vb}} \end{aligned} \right. \quad \text{Gl. 9} \\
 & \Rightarrow \underline{V}_{bm} = \frac{\underline{V}_{b1} + \underline{V}_{b2}}{2} = \frac{\underline{V}_{bg1} \cdot \underline{G}_{Ch2} + \underline{V}_{bg2} \cdot \underline{G}_{Ch1}}{2 \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{vb}}
 \end{aligned}$$

- Wird mit diesen Ausgleichswerten $\underline{V}_{am}$, $\underline{V}_{bm}$ nun der Massestrom gemäß Gl. 2 berechnet, folgt:

$$\begin{aligned}
 & \frac{\underline{V}_{am} - \underline{V}_{bm}}{\underline{V}_{am} + \underline{V}_{bm}} = \frac{\frac{\underline{V}_{ag1} \cdot \underline{G}_{Ch2} + \underline{V}_{ag2} \cdot \underline{G}_{Ch1}}{2 \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{va}} - \frac{\underline{V}_{bg1} \cdot \underline{G}_{Ch2} + \underline{V}_{bg2} \cdot \underline{G}_{Ch1}}{2 \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{vb}}}{\frac{\underline{V}_{ag1} \cdot \underline{G}_{Ch2} + \underline{V}_{ag2} \cdot \underline{G}_{Ch1}}{2 \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{va}} + \frac{\underline{V}_{bg1} \cdot \underline{G}_{Ch2} + \underline{V}_{bg2} \cdot \underline{G}_{Ch1}}{2 \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{vb}}}
 \end{aligned}$$

Nach einigen Umformungen resultiert schließlich:

$$5 \quad \frac{\underline{V}_{am} - \underline{V}_{bm}}{\underline{V}_{am} + \underline{V}_{bm}} = \frac{\underline{V}_{ag1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{Vb} + \underline{V}_{ag2} \cdot \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Vb} - \underline{V}_{bg1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{Va} - \underline{V}_{bg2} \cdot \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Va}}{\underline{V}_{ag1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{Vb} + \underline{V}_{ag2} \cdot \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Vb} + \underline{V}_{bg1} \cdot \underline{G}_{Ch2} \cdot \underline{G}_{Va} + \underline{V}_{bg2} \cdot \underline{G}_{Ch1} \cdot \underline{G}_{Va}}$$

10 Wenn wiederum davon ausgegangen wird, dass die Übertragungsfunktionen der beiden Schwingungsaufnehmer 3a, 3b durch selektive Auswahl der Sensorelemente (Spulen und Magnete) aufeinander abgeglichen sind, also gleich sind, ergibt sich:

$$\underline{G}_{Va} = \underline{G}_{Vb} \Rightarrow \frac{\underline{V}_{am} - \underline{V}_{bm}}{\underline{V}_{am} + \underline{V}_{bm}} = \frac{\underline{V}_{ag1} \cdot \underline{G}_{Ch2} + \underline{V}_{ag2} \cdot \underline{G}_{Ch1} - \underline{V}_{bg1} \cdot \underline{G}_{Ch2} - \underline{V}_{bg2} \cdot \underline{G}_{Ch1}}{\underline{V}_{ag1} \cdot \underline{G}_{Ch2} + \underline{V}_{ag2} \cdot \underline{G}_{Ch1} + \underline{V}_{bg1} \cdot \underline{G}_{Ch2} + \underline{V}_{bg2} \cdot \underline{G}_{Ch1}} \quad \text{Gl. 10}$$

15

Aufgrund dieser Möglichkeit der Vereinfachung sind in dem dargestellten Ausführungsbeispiel der erste Schwingungsaufnehmer 3a und der zweite Schwingungsaufnehmer 3b so ausgeführt, dass sie gleiches mechanisches und elektrisches Übertragungsverhalten aufweisen, so dass der Abgleich durch Selektion bewirkt worden ist.

20

Aus den Zusammenhängen

$$25 \quad \left. \begin{aligned} \underline{V}_{ag} &= \frac{\underline{V}_{ag1} + \underline{V}_{ag2}}{2} \\ \Delta \underline{V}_{ag} &= \frac{\underline{V}_{ag1} - \underline{V}_{ag2}}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} \underline{V}_{ag1} = \underline{V}_{ag} + \Delta \underline{V}_{ag} \\ \underline{V}_{ag2} = \underline{V}_{ag} - \Delta \underline{V}_{ag} \end{cases} \quad \text{Gl. 11}$$

30

$$\left. \begin{aligned} \underline{V}_{bg} &= \frac{\underline{V}_{bg1} + \underline{V}_{bg2}}{2} \\ \Delta \underline{V}_{bg} &= \frac{\underline{V}_{bg1} - \underline{V}_{bg2}}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} \underline{V}_{bg1} = \underline{V}_{bg} + \Delta \underline{V}_{bg} \\ \underline{V}_{bg2} = \underline{V}_{bg} - \Delta \underline{V}_{bg} \end{cases} \quad \text{Gl. 12}$$

35 und

$$\left. \begin{aligned} \underline{G}_{Ch} &= \frac{\underline{G}_{Ch1} + \underline{G}_{Ch2}}{2} \\ \Delta \underline{G}_{Ch} &= \frac{\underline{G}_{Ch1} - \underline{G}_{Ch2}}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} \underline{G}_{Ch1} = \underline{G}_{Ch} + \Delta \underline{G}_{Ch} \\ \underline{G}_{Ch2} = \underline{G}_{Ch} - \Delta \underline{G}_{Ch} \end{cases} \quad \text{Gl. 13}$$

5 ergibt sich aus Gl. 10:

$$\frac{\underline{V}_{am} - \underline{V}_{bm}}{\underline{V}_{am} + \underline{V}_{bm}} = \frac{\underline{V}_{ag} \underline{G}_{Ch} - \Delta \underline{V}_{ag} \Delta \underline{G}_{Ch} - \underline{V}_{bg} \underline{G}_{Ch} + \Delta \underline{V}_{bg} \Delta \underline{G}_{Ch}}{\underline{V}_{ag} \underline{G}_{Ch} - \Delta \underline{V}_{ag} \Delta \underline{G}_{Ch} + \underline{V}_{bg} \underline{G}_{Ch} - \Delta \underline{V}_{bg} \Delta \underline{G}_{Ch}} \quad \text{Gl. 14}$$

10

Da der gemeinsame Teil $\underline{G}_{Ch}$ der Übertragungsfunktionen der Messkanäle Ch1, Ch2 größer ist als die Abweichungen der Übertragungsfunktionen $\Delta \underline{G}_{Ch}$ der Messkanäle gilt:

$$\underline{V}_{ag} \underline{G}_{Ch} + \underline{V}_{bg} \underline{G}_{Ch} \gg \Delta \underline{V}_{ag} \Delta \underline{G}_{Ch} + \Delta \underline{V}_{bg} \Delta \underline{G}_{Ch}$$

15

Unter Berücksichtigung dieses Zusammenhangs folgt daher aus Gl. 14:

$$\frac{\underline{V}_{am} - \underline{V}_{bm}}{\underline{V}_{am} + \underline{V}_{bm}} = \frac{\underline{V}_{ag} - \underline{V}_{bg}}{\underline{V}_{ag} + \underline{V}_{bg}} - \frac{\Delta \underline{V}_{ag} - \Delta \underline{V}_{bg}}{\underline{V}_{ag} + \underline{V}_{bg}} \cdot \frac{\Delta \underline{G}_{Ch}}{\underline{G}_{Ch}} \quad \text{Gl. 15}$$

20

Der Vergleich des Ergebnisses für die alternierende Nutzung von Messkanälen (Gl. 15) mit dem Ergebnis für die strikte Verwendung lediglich eines Messkanals für ein interessierendes Primärmesssignal zeigt, dass der Fehler durch abweichende Messkanalübertragungsfunktionen erheblich reduziert ist, nämlich reduziert ist um den Faktor:

$$\frac{\Delta \underline{V}_{ag} - \Delta \underline{V}_{bg}}{\underline{V}_{ag} + \underline{V}_{bg}}$$

30

Wenn die Änderungen der Geschwindigkeitssignale während der beiden alternierenden Messperioden 1 und 2 gleich oder die Änderungen überhaupt nur sehr klein sind, d. h. wenn $\Delta \underline{V}_{ag} \approx \Delta \underline{V}_{bg}$ gilt, dann resultiert eine Massedurchflussmessung, die gänzlich unabhängig von dem Übertragungsverhalten der Messkanäle ist:

35

$$\frac{\underline{V}_{am} - \underline{V}_{bm}}{\underline{V}_{am} + \underline{V}_{bm}} = \frac{\underline{V}_{ag} - \underline{V}_{bg}}{\underline{V}_{ag} + \underline{V}_{bg}} \quad \text{Gl. 16}$$

so dass der auf Messgrößen basierende Massedurchfluss praktisch dem Massedurchfluss entspricht, der unter Verwendung der von den Messkanälen unbeeinflussten und interessierenden Primärmesssignale $\underline{V}_a$, $\underline{V}_b$ ermittelt würde; es gilt dann

$$\dot{m} = f\left(\frac{\underline{V}_a - \underline{V}_b}{\underline{V}_a + \underline{V}_b}\right) = f\left(\frac{\underline{V}_{ag} - \underline{V}_{bg}}{\underline{V}_{ag} + \underline{V}_{bg}}\right)$$

Die Umschaltung der Messkanäle wird in Fig. 1 wie auch in Fig. 2 durch Multiplexereinrichtungen 10 realisiert, die die Führung der interessierenden Primärmesssignale $\underline{V}_a$, $\underline{V}_b$ über die verschiedenen Messkanäle Ch1, Ch2 gestatten. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 besteht die Multiplexereinrichtung 10 aus mehreren separaten Multiplexern 10a, 10b, 10c, 10d.

Die Messperioden sind im Falle der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Realisierungen mit Multiplexern durch den jeweiligen Multiplexer-Zyklus gegeben und werden im vorliegenden Fall im Millisekundenbereich gewählt. Damit ist gewährleistet, dass die Einschwingzeit der Multiplexerkanäle abgewartet und die Messungen durch die dynamischen Schalteigenschaften der Multiplexerkanäle nicht verfälscht werden. Die Wartezeit wird im vorliegenden Fall dadurch realisiert, dass direkt nach dem Umschalten eine vorbestimmte Anzahl der abgetasteten Messwerte nicht berücksichtigt wird.

Aus Gl. 15 geht hervor, dass eine Messunsicherheit dann entstehen kann, wenn die Dynamik der interessierenden Primärmesssignale in Form der Geschwindigkeitssignale während der beiden alternierenden Messperioden prozessbedingt groß ist (siehe zweiten Term in der Bestimmungsgleichung 15). Um auch einer solchen dynamischen Änderung begegnen zu können, ist darüber hinaus vorgesehen, die Übertragungsfunktionen $\underline{G}_{Ch1}$, $\underline{G}_{Ch2}$ der Messkanäle Ch1, Ch2 zu identifizieren, nämlich indem die Messkanäle Ch1, Ch2 mit wenigstens einem bekannten Referenzsignal $\underline{U}_{ref1}$, $\underline{U}_{ref2}$ direkt beaufschlagt werden und die Messkanal-Antwortsignale $\underline{U}_{Ch1}$, $\underline{U}_{Ch2}$ der beaufschlagten Messkanäle Ch1, Ch2 erfasst werden und die Übertragungsfunktionen der Messkanäle anhand der bekannten Referenzsignale $\underline{U}_{ref1}$, $\underline{U}_{ref2}$ und anhand der erfassten Messkanal-Antwortsignale $\underline{U}_{Ch1}$, $\underline{U}_{Ch2}$ identifiziert werden. Die Identifizierung der Übertragungsfunktionen $\underline{G}_{Ch1}$, $\underline{G}_{Ch2}$ der Messkanäle Ch1,

Ch2 ermöglicht dann das tatsächliche Übertragungsverhalten der Messkanäle zu korrigieren. In den dargestellten Ausführungsbeispielen wird gleichermaßen verfahren mit der Übertragungsfunktion der Anregungskanäle. Die Referenzsignale $\underline{U}_{ref1}$, $\underline{U}_{ref2}$ sind deshalb bekannt, weil sie von der Steuer- und Auswerteeinheit 4 generiert und ausgegeben werden

Als Referenzsignal $\underline{U}_{ref1}$, $\underline{U}_{ref2}$ kann beispielsweise das aktuelle Antriebssignal bzw. die Antriebssignale verwendet werden, das praktisch eine gleich bleibende Frequenz und Amplitude aufweist. Die daraus gewonnen Informationen können für eine Identifikation ausreichend sein, wenn genug Wissen über das Übertragungsverhalten der Kanäle vorab existiert.

Die Identifikation des Übertragungsverhaltens der Messkanäle Ch1, Ch2 und der Übertragungsfunktion der Anregungskanäle Cha1, Cha2 geschieht vorliegen durch Anregung der Messkanäle bzw. der Anregungskanäle mit einem sinusförmigen Referenzsignal unter Variation von Frequenz und Amplitude, so dass die Frequenzgänge der Messkanäle Ch1, Ch2 und der Anregungskanäle Cha1, Cha2 bestimmt werden können.

Die Identifikation und die Korrektur eines Messkanals wird nachfolgend am Beispiel des Messkanals Ch1 erläutert. Bei der Identifikation wird folgende Übertragungsfunktion $\underline{G}_{Ch1}$ des Messkanals Ch1 mit der Frequenz f als Parameter zugrunde gelegt:

$$\underline{G}_{Ch1,ident}(f) = \frac{\underline{U}_{Ch1}(f)}{\underline{U}_{ref1}(f)} = A_{Ch1}(f) \cdot e^{j\varphi_{Ch1}(f)}$$

Dabei setzt sich unter Bezugnahme auf Fig. 1 die Übertragungsfunktion $\underline{G}_{Ch1}$ des Messkanals Ch1 aus den Teilübertragungsfunktionen des Multiplexers 10a, eines Messverstärkers 11a und eines A/D-Wandlers 12a zusammen. $\underline{U}_{ref1}$ ist die Referenzspannung am Ausgang eines D/A-Wandlers 13a und wird als bekannt angenommen, so dass die Unsicherheiten der Übertragungsfunktion des D/A-Wandlers bei der absoluten Identifikation der Antriebs- und Messkanäle erhalten bleiben, sie werden jedoch bei Abgleich der Antriebs- und Messkanäle aufeinander unwirksam.

In den Fig. 3a ist der gemessene Amplitudengang $A_{Ch1}(f)$, der Korrektoramplitudengang $A_{Ch1}^{-1}(f)$ und der korrigierte Amplitudengang $A_{Ch1,cor}(f)$ des Messkanals Ch1 dargestellt, und in Fig. 3b ist der gemessene Phasengang $\varphi_{Ch1}(f)$, der Korrektorphasengang $\varphi_{Ch1}^{-1}(f)$ und der korrigierten Phasengang $\varphi_{Ch1,cor}(f)$ des Messkanals Ch1 dargestellt. Es ist ohne weiteres zu erkennen, dass durch die vorgenommene Korrektur das Übertragungsverhalten des Messkanals Ch1 praktisch neutralisiert worden ist, der Messkanal führt weder zu einer betragsmäßigen Veränderung des Messsignals noch zu einer Veränderung der Phase des Messsignals.

Die Korrektur wird bei den dargestellten Ausführungsbeispielen im Frequenzbereich durchgeführt und ist schematisch in Fig. 4 anhand eines Blockdiagramms dargelegt. Im Block $A_{Chx}(f)$ ist der Amplitudengang des Messkanals Chx als eine analytische Funktion abgelegt, vorliegend als ein Polynom dritter Ordnung in der Frequenz. Bei anderen Ausführungsbeispielen ist der Amplitudengang des Messkanals Ch1 als Tabelle hinterlegt. Im Block $\varphi_{Chx}(f)$ ist der Phasengang des Messkanals Chx entsprechend abgelegt.

In den daran anschließenden Blöcken wird der Frequenzgang für die aktuelle Anregungsfrequenz invertiert $A_{Chx}^{-1}(f)$, $\varphi_{Chx}^{-1}(f)$ und werden die Cosinus- und Sinusfunktion der sich aus der Invertierung ergebenden Phase gebildet. Hieraus werden mit Hilfe des invertierten Amplitudengangs zwei Korrekturfaktoren, jeweils einer für den Realteil und einer für den Imaginärteil, berechnet und mit diesen der aktuell gemessene Realteil $U_{Chx,re}$ und der aktuell gemessene Imaginärteil $U_{Chx,im}$ des Messkanals Chx korrigiert. Die Korrektur bzw. der Abgleich kann entsprechend für alle Anregungskanäle und Messkanäle durchgeführt werden.

Im vorliegenden Fall wird der Amplitudengang durch folgendes Polynom beschrieben:

$$A_{Chx}(f) = -1.1091 \cdot 10^{-7} / \text{Hz}^2 \cdot f^2 + 2.6444 \cdot 10^{-6} / \text{Hz} \cdot f + 0.08671.$$

Die korrigierte Amplitude ergibt sich bei einer bestimmten Frequenz f aus dem Quotienten aus der gemessenen Amplitude und $A_{chx}(f)$.

Ferner wird im vorliegenden Fall der Phasengang durch folgendes Polynom beschrieben:

$$\varphi_{\text{Chx}}(f) = 5.2519 \text{ rad/Hz}^2 * 10^{-9} * f^2 - 0.0014 \text{ rad/Hz} * f + 1.0661 * 10^{-4} \text{ rad},$$

5 wobei sich die korrigierte Phase aus der Differenz aus der gemessene Phase und $\varphi_{\text{Chx}}(f)$ ergibt.

Die Identifikation und die Korrektur bzw. der Abgleich der Anregungskanäle Cha1, Cha2 werden nachfolgend exemplarisch für den Anregungskanal Cha2 erläutert. Der Anregungskanal Cha2 besteht aus den folgenden Übertragungsfunktionen (Fig. 1):

10

- $\underline{G}_{\text{Da}}$ Übertragungsfunktion des D/A-Wandlers 13a,
- $\underline{G}_{\text{La}}$ Übertragungsfunktion eines Leistungsverstärkers 14,
- $\underline{G}_{\text{uia}}$ Übertragungsfunktion der Antriebsspule 2a,
- $\underline{G}_{\text{ia}}$ Übertragungsfunktion eines Messwiderstandes 15 für den
- 15 Antriebsstrom und
- $\underline{G}_{\text{ua}}$ Übertragungsfunktion eines Spannungsteilers 16 zur Messung der Spannung an der Antriebsspule

20 Es wird angenommen, dass der Strom durch die Antriebsspule 2a über den Spannungsabfall an einem Präzisionswiderstand 15 gemessen wird, so dass die Übertragungsfunktion $\underline{G}_{\text{ia}}$ als P-Glied beschrieben werden kann, deren Proportionalitätsfaktor bekannt ist. Das bedeutet: $\underline{G}_{\text{ia}}(f) = K_{\text{ia}}$.

25 Darüber hinaus wird angenommen, dass die Spannung an der Treiberspule 2a – Schwingungserzeuger 2a – über einen Präzisionsspannungsteiler 16 gemessen wird, dessen Übertragungsfunktion $\underline{G}_{\text{ua}}$ ebenfalls P-Verhalten aufweist und dessen Verstärkungsfaktor bekannt ist. Es gilt demnach: $\underline{G}_{\text{ua}}(f) = K_{\text{ua}}$.

30 Damit vereinfacht sich die Identifikation des Anregungskanals Gha2 auf die Identifikation der Übertragungsfunktionen $\underline{G}_{\text{La}}$ und $\underline{G}_{\text{uib}}$. Zur Bestimmung dieser Übertragungsfunktionen lassen sich nach Fig. 1 die folgenden Beziehungen aufstellen:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{\text{Da}e1}(f) \cdot \underline{G}_{\text{Da}}(f) \cdot \underline{G}_{\text{Ch4}}(f) &= \underline{U}_{\text{Ch44}}(f) \\ \underline{U}_{\text{Da}e2}(f) \cdot \underline{G}_{\text{Da}}(f) \cdot \underline{G}_{\text{La}}(f) \cdot \underline{G}_{\text{uia}}(f) \cdot \underline{G}_{\text{ia}}(f) \cdot \underline{G}_{\text{Ch4}}(f) &= \underline{U}_{\text{Ch42}}(f) \\ \underline{U}_{\text{Da}e3}(f) \cdot \underline{G}_{\text{Da}}(f) \cdot \underline{G}_{\text{La}}(f) \cdot \underline{G}_{\text{ua}}(f) \cdot \underline{G}_{\text{Ch4}}(f) &= \underline{U}_{\text{Ch40}}(f) \end{aligned}$$

35 ,

Die komplexen Größen $\underline{U}_{Dae1}, \underline{U}_{Dae2}, \underline{U}_{Dae3}$ sind die über die Steuer- und Auswerteeinheit 4 in Form eines DSP (Digital Signal Processor) generierten bekannten Werte am Eingang des D/A-Wandlers 13a, und die komplexen Größen $\underline{U}_{Ch44}, \underline{U}_{Ch42}, \underline{U}_{Ch40}$ sind die komplexen gemessen und damit bekannten Werte an den Messeingängen der Steuer- und Auswerteeinheit 4. Nach einigen Umformungen der obigen Gleichungen folgt, wobei wiederum das Argument f aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen worden ist:

$$\begin{aligned}
 \underline{G}_{Da} \cdot \underline{G}_{Ch4} &= \frac{\underline{U}_{Ch44}}{\underline{U}_{Dae1}} \\
 \underline{G}_{La} \cdot \underline{G}_{uib} \cdot \underline{G}_{ia} &= \frac{\underline{U}_{Ch42}}{\underline{U}_{Dae2}} \cdot \frac{\underline{U}_{Dae1}}{\underline{U}_{Ch44}} \Rightarrow \begin{cases} \underline{G}_{La} = \frac{\underline{U}_{Ch40}}{\underline{U}_{Dae3}} \cdot \frac{\underline{U}_{Dae1}}{\underline{U}_{Ch44}} \cdot \frac{1}{K_{ua}} \\ \underline{G}_{uib} = \frac{\underline{U}_{Ch42}}{\underline{U}_{Dae2}} \cdot \frac{\underline{U}_{Dae1}}{\underline{U}_{Ch44}} \cdot \frac{\underline{U}_{Dae3}}{\underline{U}_{Ch40}} \cdot \frac{\underline{U}_{Ch44}}{\underline{U}_{Dae1}} \cdot \frac{K_{ua}}{K_{ia}} \end{cases} \\
 \underline{G}_{La} \cdot \underline{G}_{ub} &= \frac{\underline{U}_{Ch40}}{\underline{U}_{Dae3}} \cdot \frac{\underline{U}_{Dae1}}{\underline{U}_{Ch44}}
 \end{aligned}$$

Damit lassen sich die Übertragungsfunktion $\underline{G}_{La}$ des Leistungsverstärkers 14 und die Übertragungsfunktion $\underline{G}_{uib}$ des Schwingungserzeugers 2a in Form einer Antriebsspuhle bestimmen.

Die Identifikation der Anregungskanäle Cha1, Cha2 kann vorliegend sowohl vor dem eigentlichen Messbetrieb als auch während des Einsatzes des Massedurchflussgerätes 1 durchgeführt werden. Hier wird die Identifikation und die Korrektur der Übertragungsfunktionen der Anregungskanäle Cha1, Cha2 vor dem Messbetrieb durchgeführt. Im Betrieb werden dann entsprechend nur die Änderungen der Übertragungsfunktionen der Anregungskanäle Cha1, Cha2 bei diskreten Frequenzen gemessen und korrigiert.

Bei anderen Realisierungen werden die Änderungen der Anregungskanäle während des Messbetriebs bei diskreten Frequenzen gemessen und vorbestimmte Parameter, beispielsweise der Widerstand der Antriebsspulen 2a, 2b identifiziert. Sie werden dann mit vorbestimmten Grenzwerten verglichen, und bei Über- bzw. Unterschreiten der Grenzwerte werden vorbestimmte Maßnahmen eingeleitet. Zu diesen Maßnahmen gehört beispielsweise eine erneute Identifikation und Korrektur der Anregungskanäle Cha1, Cha2 und/oder eine Fehlermeldung.

Die Erfassung der Frequenzgänge der Anregungskanäle Cha1, Cha2 und die Korrektur des Übertragungsverhaltens bzw. dessen Abgleich erfolgen entsprechend der bei den Messkanälen Ch1, Ch2 erläuterten Vorgehensweise. Die Identifikation der Anregungskanäle Cha1, Cha2 kann mit verschiedenen Frequenzen erfolgen, die auch nicht mit der Anregungsfrequenz übereinstimmen.

Die Identifikation der Anregungskanäle Cha1, Cha2 dient der Kompensation des Einflusses der Anregungskanäle Cha1, Cha2. Damit können zum einen die Parameter des Messrohres unabhängig von Eigenschaften der Anregungskanäle Cha1, Cha2 bestimmt werden und zum anderen können bevorzugte Arbeitspunkte präzise angefahren und gehalten werden. Die genaue Einstellung der Arbeitspunkte ist zum Beispiel vorteilhaft für die Genauigkeit einer mit dem Coriolis-Massedurchflussmessgerät durchgeführten Dichtemessung und für die Erzielung eines guten Signal-Rauschabstandes bei der Durchflussmessung.

In Fig. 2 ist schließlich schematisch ein weiteres Coriolis-Massedurchflussmessgerät 1 zur Durchführung des vorbeschriebenen Verfahrens dargestellt, wobei das Coriolis-Massedurchflussmessgerät 1 wiederum ein von einem Medium durchströmbares Messrohr, einen Schwingungserzeuger, einen ersten Schwingungsaufnehmer, einen zweiten Schwingungsaufnehmer und eine Steuer- und Auswerteeinheit 4 aufweist und eine Multiplexereinrichtung 10, die $(n+r)$ Eingänge und m Ausgänge aufweist, wobei n Eingänge der Multiplexereinrichtung 10 mit n Primärsignalen beaufschlagbar sind und r Eingänge der Multiplexereinrichtung 10 mit r Referenzsignalen beaufschlagbar sind, wobei $m > 1$, $n > 1$ und $r > 1$ gilt, und wobei die m Ausgänge der Multiplexereinrichtung unmittelbar oder mittelbar über Filtereinrichtungen 20 mit Eingängen der Steuer- und Auswerteeinheit 4 verbunden sind, und wobei die Steuer- und Auswerteeinheit 4 ganz konkret so eingerichtet und programmiert ist, dass im Betrieb das zuvor erläuterte Verfahren ausgeführt wird. Der Einsatz der Multiplexereinrichtung 10 gestattet es, mehrere – im Einzelnen in Fig. 2 nicht, aber in Fig. 1 bereits dargestellte und erläuterte – Messkanäle (Ch1, Ch2, Chn) zu realisieren, die aufgrund der Funktion der Multiplexereinrichtung 10 umschaltbar sind.

Bei dem Coriolis-Massedurchflussmessgerät 1 gemäß Fig. 1 ist die Multiplexereinrichtung 1 aus mehreren separaten Multiplexern 10a, 10b, 10c, 10d

realisiert, so dass für die Realisierung der Messkanäle Ch1, Ch2, Chn einerseits und für die Realisierung der Anregungskanäle Cha1, Cha2, Chan separate Multiplexer vorgesehen sind, was eine saubere Trennung zwischen unterschiedlich starken und unterschiedlich verrauschten Signalen ermöglicht.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Betreiben eines Coriolis-Massedurchflussmessgeräts (1),
wobei das Coriolis-Massedurchflussmessgerät (1) wenigstens ein von einem
5 Medium durchströmbares Messrohr, wenigstens einen Schwingungserzeuger
(2a, 2b), wenigstens einen ersten Schwingungsaufnehmer (3a), wenigstens einen
zweiten Schwingungsaufnehmer (3b) und wenigstens eine Steuer- und
Auswerteeinheit (4) aufweist, wobei dem Schwingungserzeuger (2a, 2b) von
der Steuer- und Auswerteeinheit (4) über wenigstens einen Anregungskanal
10 (Cha1, Cha2) Anregungssignale ($\underline{U}_{Dae}$, $\underline{U}_{Dbe}$) zuleitbar sind, wobei der Steuer-
und Auswerteeinheit (4) von dem ersten Schwingungsaufnehmer (3a) über
wenigstens einen ersten Messkanal (Ch1) ein erstes interessierendes Primär-
messsignal ($\underline{V}_a$) zuleitbar ist und der Steuer- und Auswerteeinheit (4) von dem
zweiten Schwingungsaufnehmer (3b) über wenigstens einen zweiten Messka-
15 nal (Ch2) ein zweites interessierendes Primärmesssignal ($\underline{V}_b$) zuleitbar ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuer- und Auswerteeinheit (4) zumindest mittelbar aus den über die
20 Messkanäle (Ch1, Ch2, Chn) übertragenen Primärmesssignalen ($\underline{V}_{ag}$, $\underline{V}_{bg}$) ra-
tiometrisch wenigstens eine abgeleitete Sekundärgröße ($\dot{m}$) berechnet, wobei
die interessierenden Primärmesssignale ($\underline{V}_a$, $\underline{V}_b$) wechselnd über die verschie-
denen Messkanäle (Ch1, Ch2, Chn) der Steuer- und Auswerteeinheit (4) zuge-
leitet werden und aus den über die verschiedenen Messkanäle (Ch1, Ch2,
25 Chn) erhaltenen verschiedenen Werten ($\underline{V}_{ag1}$, $\underline{V}_{ag2}$, $\underline{V}_{agn}$; $\underline{V}_{bg1}$, $\underline{V}_{bg2}$, $\underline{V}_{bgn}$) für
die übertragenen Primärmesssignale ($\underline{V}_{ag}$, $\underline{V}_{bg}$) Ausgleichswerte ($\underline{V}_{am}$, $\underline{V}_{bm}$)
der übertragenen Primärmesssignale berechnet werden und die Ausgleichs-
werte ($\underline{V}_{am}$, $\underline{V}_{bm}$) der Berechnung der abgeleiteten Sekundärgröße ($\dot{m}$)
zugrunde gelegt werden.

30

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Aus-
gleichswert ($\underline{V}_{am}$, $\underline{V}_{bm}$) durch Mittelwertbildung aus den über die verschie-
denen Messkanäle (Ch1, Ch2, Chn) erhaltenen verschiedenen Werten ($\underline{V}_{ag1}$,
 $\underline{V}_{ag2}$, $\underline{V}_{agn}$; $\underline{V}_{bg1}$, $\underline{V}_{bg2}$, $\underline{V}_{bgn}$) für die übertragenen Primärmesssignale ($\underline{V}_{ag}$, $\underline{V}_{bg}$)
35 berechnet werden, insbesondere durch Bildung des arithmetischen Mittelwer-
tes.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messperiode, während der ein bestimmtes Primärmesssignal über einen Messkanal (Ch1, Ch2, Chn) übertragen wird, solange andauert, bis Transienten des Übertragungsverhaltens des Messkanals (Ch1, Ch2, Chn) abgeklungen sind.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Messwerte nach Umschalten eines Messkanals (Ch1, Ch2, Chn) verworfen werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Messkanal (Ch1, Ch2, Chn) mit wenigstens einem bekannten Referenzsignal ($\underline{U}_{refl}$) direkt beaufschlagt wird, das Messkanal-Antwortsignal ($\underline{U}_{Ch1}$) des beaufschlagten Messkanals (Ch1, Ch2, Chn) erfasst wird und die Übertragungsfunktion ($\underline{G}_{Ch1}$) des Messkanals (Ch1, Ch2, Chn) anhand des bekannten Referenzsignals ($\underline{U}_{refl}$) und anhand des erfassten Messkanal-Antwortsignals ($\underline{U}_{Ch1}$) identifiziert wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Anregungskanal (Cha1, Cha2) mit wenigstens einem bekannten Referenzsignal ($\underline{U}_{dae1}$, $\underline{U}_{dae2}$, $\underline{U}_{dae3}$) direkt beaufschlagt wird, das Antwortsignal ($\underline{U}_{ch1x}$, $\underline{U}_{ch2x}$, $\underline{U}_{ch3x}$, $\underline{U}_{ch4x}$) des beaufschlagten Anregungskanals (Cha1, Cha2) erfasst wird und die Übertragungsfunktion des Anregungskanals (Cha1, Cha2) anhand des bekannten Referenzsignals ($\underline{U}_{dae1}$, $\underline{U}_{dae2}$, $\underline{U}_{dae3}$) und anhand des erfassten Anregungskanal-Antwortsignals ($\underline{U}_{ch1x}$, $\underline{U}_{ch2x}$, $\underline{U}_{ch3x}$, $\underline{U}_{ch4x}$) identifiziert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass mit der identifizierten Übertragungsfunktion des Messkanals (Ch1, Ch2, Chn) oder/und mit der identifizierten Übertragungsfunktion des Anregungskanals (Cha1, Cha2) das tatsächliche Übertragungsverhalten des Messkanals (Ch1, Ch2, Chn) oder/und das tatsächliche Übertragungsverhalten des Anregungskanals (Cha1, Cha2) korrigiert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das tatsächlichen Übertragungsverhalten des Messkanals (Ch1, Ch2) oder/und das tatsäch-

liche Übertragungsverhalten des Anregungskanals (Ch_1 , Ch_2) im Frequenzbereich korrigiert wird/werden, indem das jeweilige von der Steuer- und Auswerteeinheit (4) empfangene übertragene Signal ($\underline{U}_{Chx}$) in orthogonale Komponenten ($U_{Chx, re}$, $U_{Chx, im}$) zerlegt wird, der Frequenzgang ($A_{Chx}(f)$, $\varphi_{Chx}(f)$) der identifizierten Übertragungsfunktion ($\underline{G}_{Chx, ident}$) des Messkanals (Ch_1 , Ch_2) oder Anregungskanals (Ch_1 , Ch_2) für die aktuelle Anregungsfrequenz invertiert wird ($A_{Chx}^{-1}(f)$, $\varphi_{Chx}^{-1}(f)$) und die Sinus- und Kosinusfunktion der sich ergebenden invertierten Phase ($\varphi_{Chx}^{-1}(f)$) berechnet und mit Hilfe des invertierten Amplitudengangs ($A_{Chx}^{-1}(f)$) zwei Korrekturfaktoren ($U_{Chx, re, cor}$, $U_{Chx, im, cor}$) berechnet werden, mit denen die gemessenen orthogonalen Komponenten ($U_{Chx, re}$, $U_{Chx, im}$) korrigiert werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass als bekanntes Referenzsignal ($\underline{U}_{refx}$) das aktuelle Anregungssignal verwendet wird, oder dass als bekanntes Referenzsignal ($\underline{U}_{refx}$) Sinussignale mit wenigstens unterschiedlicher Frequenz, vorzugsweise auch mit unterschiedlicher Amplitude, verwendet werden und/oder als bekannte Referenzsignale ($\underline{U}_{refx}$) Rechtecksignale verwendet werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Identifikation der Übertragungsfunktion ($\underline{G}_{Chx, ident}$) des Messkanals oder/und der Übertragungsfunktion ($\underline{G}_{Chx, ident}$) des Anregungskanals durch Erfassung des Frequenzgangs erfolgt, insbesondere wobei Amplitudengang und Phasengang durch ein Polynom nachgebildet werden.

11. Coriolis-Massedurchflussmessgerät zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Coriolis-Massedurchflussmessgerät 1 wenigstens ein von einem Medium durchströmbares Messrohr, wenigstens einen Schwingungserzeuger (2a, 2b), wenigstens einen ersten Schwingungsaufnehmer (3a), wenigstens einen zweiten Schwingungsaufnehmer (3b) und wenigstens eine Steuer- und Auswerteeinheit (4) aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Multiplexereinrichtung (10) mit $n+r$ Eingängen und m Ausgängen vorgesehen ist, n Eingänge der Multiplexereinrichtung (10) mit n Primärsignalen beaufschlagbar sind, r Eingänge der Multiplexereinrichtung (10) mit r Re-

ferenzsignalen beaufschlagbar sind, wobei $m > 1$, $n > 1$ und $r > 1$ gilt, und die m Ausgänge der Multiplexereinrichtung (10) unmittelbar oder mittelbar über Filtereinrichtungen (20) mit Eingängen der Steuer- und Auswerteeinheit (4) verbunden sind, so dass über die Multiplexereinrichtung (10) wenigstens zwei
5 umschaltbare Messkanäle (Ch1, Ch2, Chn) realisiert sind, wobei die Steuer- und Auswerteeinheit (4) ganz konkret so eingerichtet ist, dass im Betrieb das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgeführt wird.

12. Coriolis-Massedurchflussmessgerät (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Multiplexereinrichtung (10) aus mehreren separaten
10 Multiplexern (10, 10b, 10c, 10d) realisiert ist, insbesondere separate Multiplexer für die Realisierung der Messkanäle (Ch1, Ch2, Chn) einerseits und der Realisierung der Anregungskanäle (Cha1, Cha2, Chan) andererseits vorgesehen sind.

13. Coriolis-Massedurchflussmessgerät (1) nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Schwingungsaufnehmer (3a) und der
15 zweite Schwingungsaufnehmer (3b) so ausgeführt sind, dass sie gleiches mechanisches und elektrisches Übertragungsverhalten aufweisen.

20

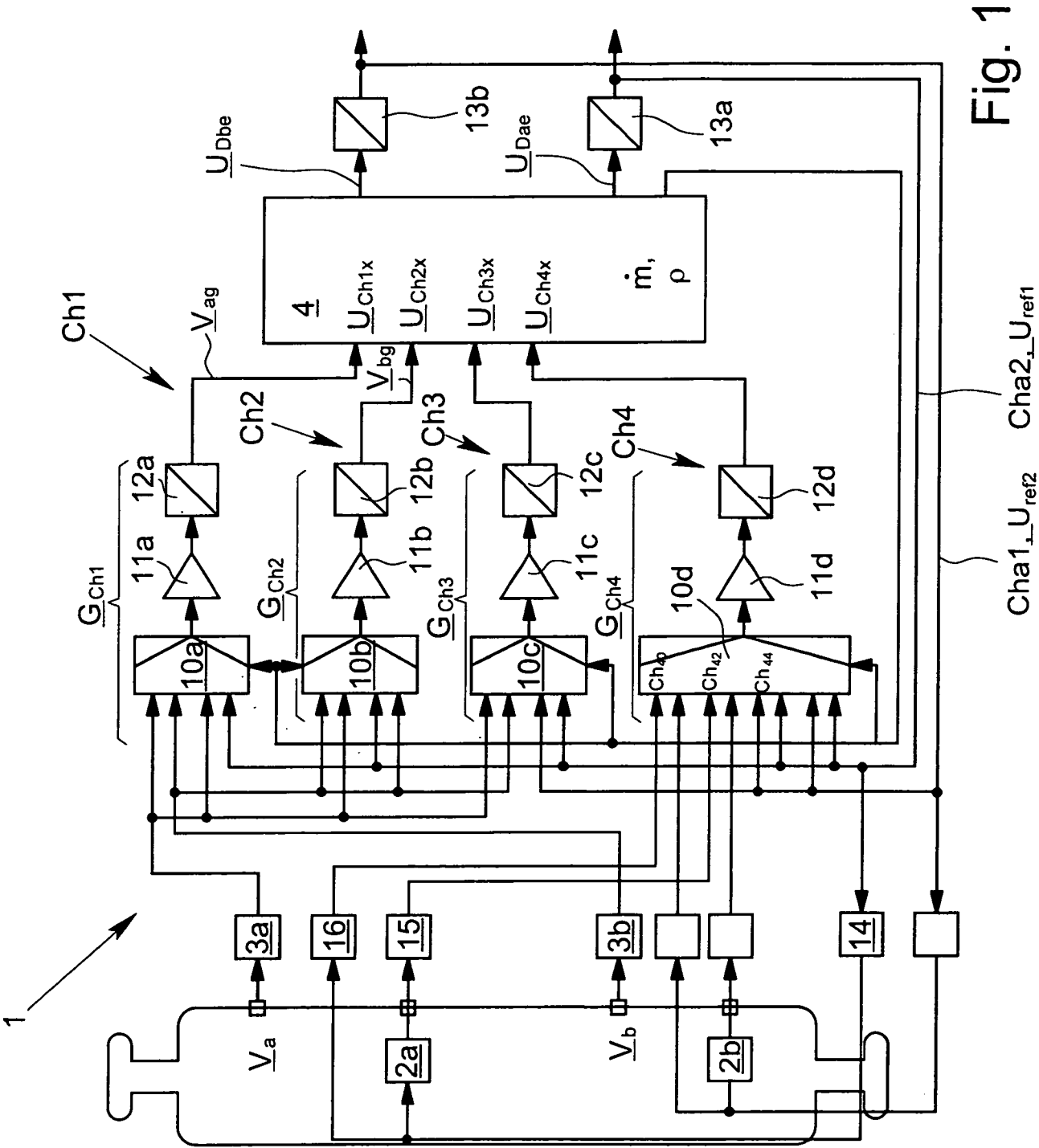


Fig. 1

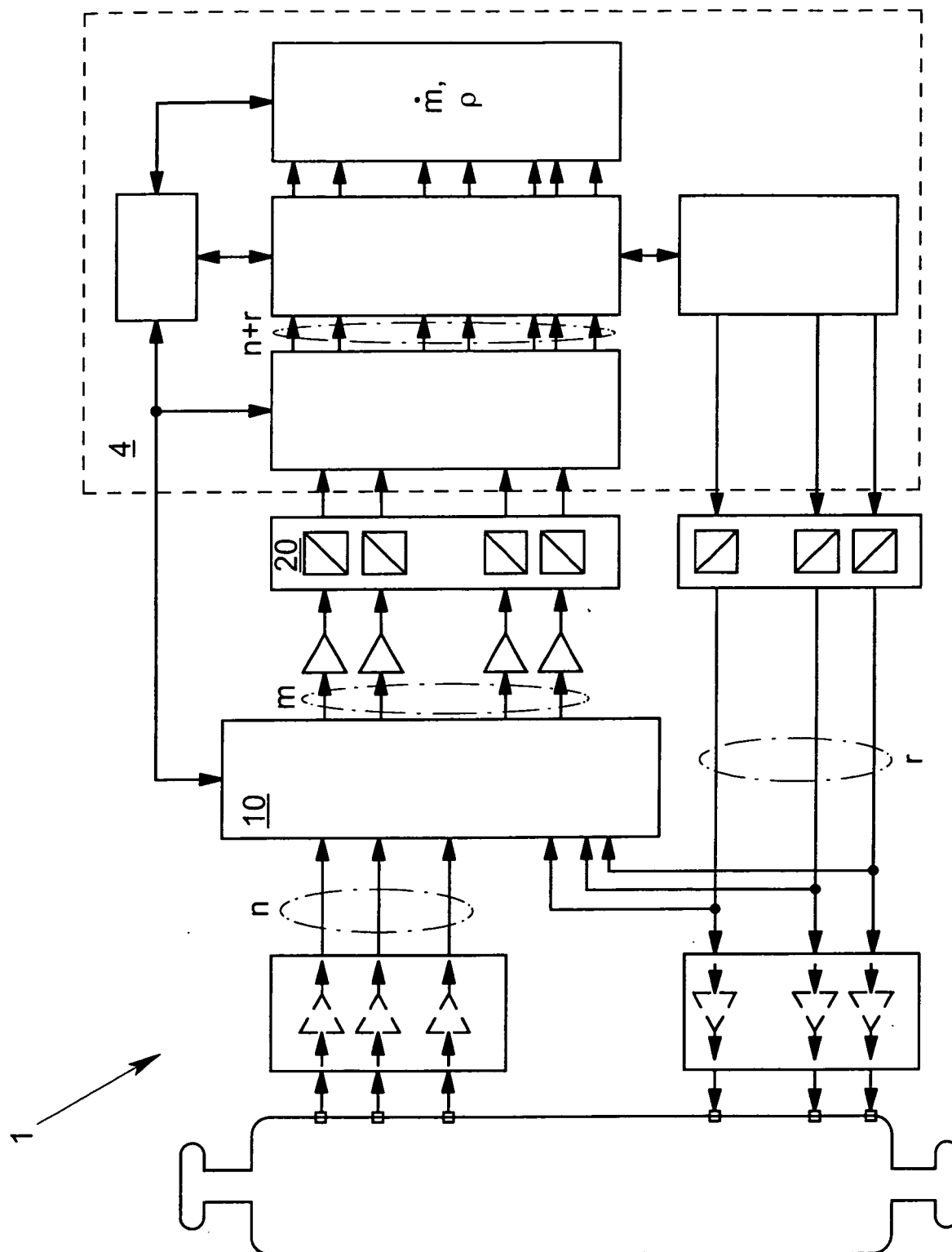


Fig. 2

3/4

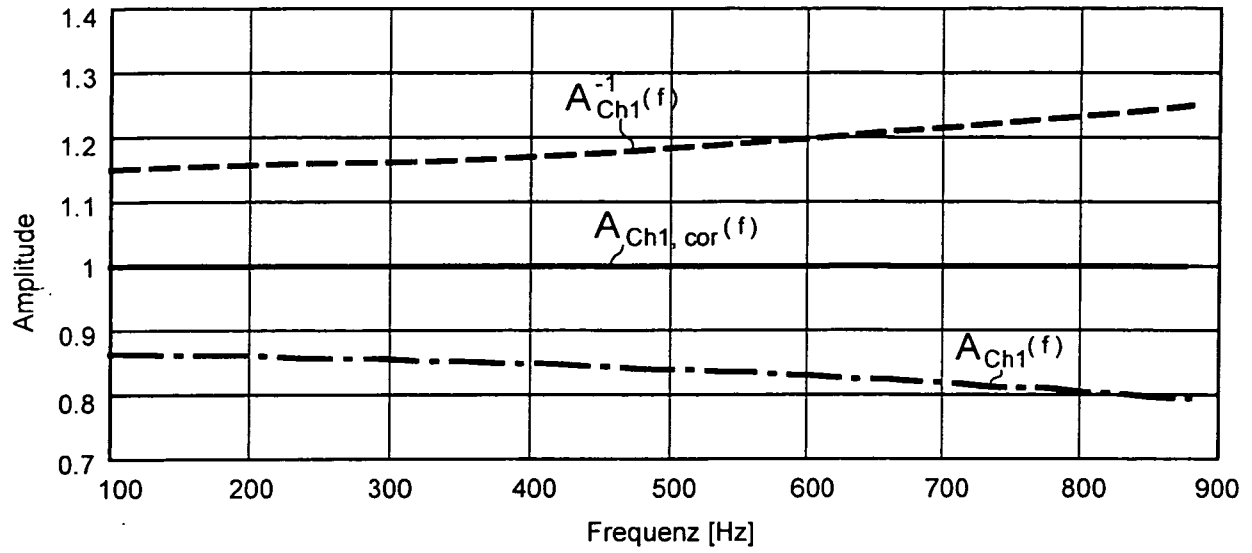


Fig. 3a

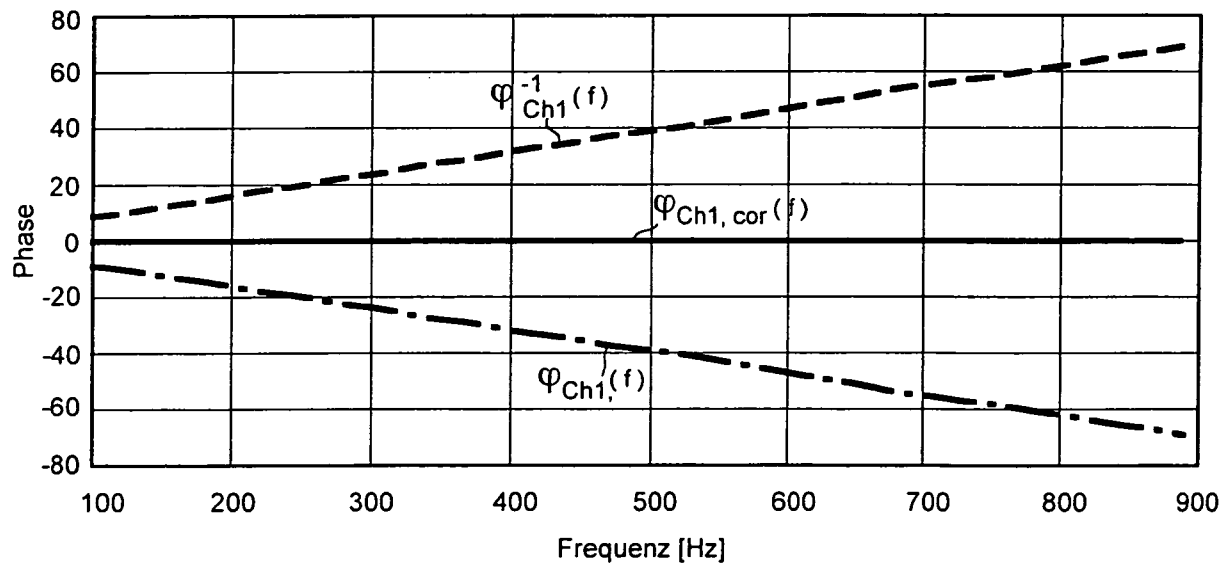


Fig. 3b

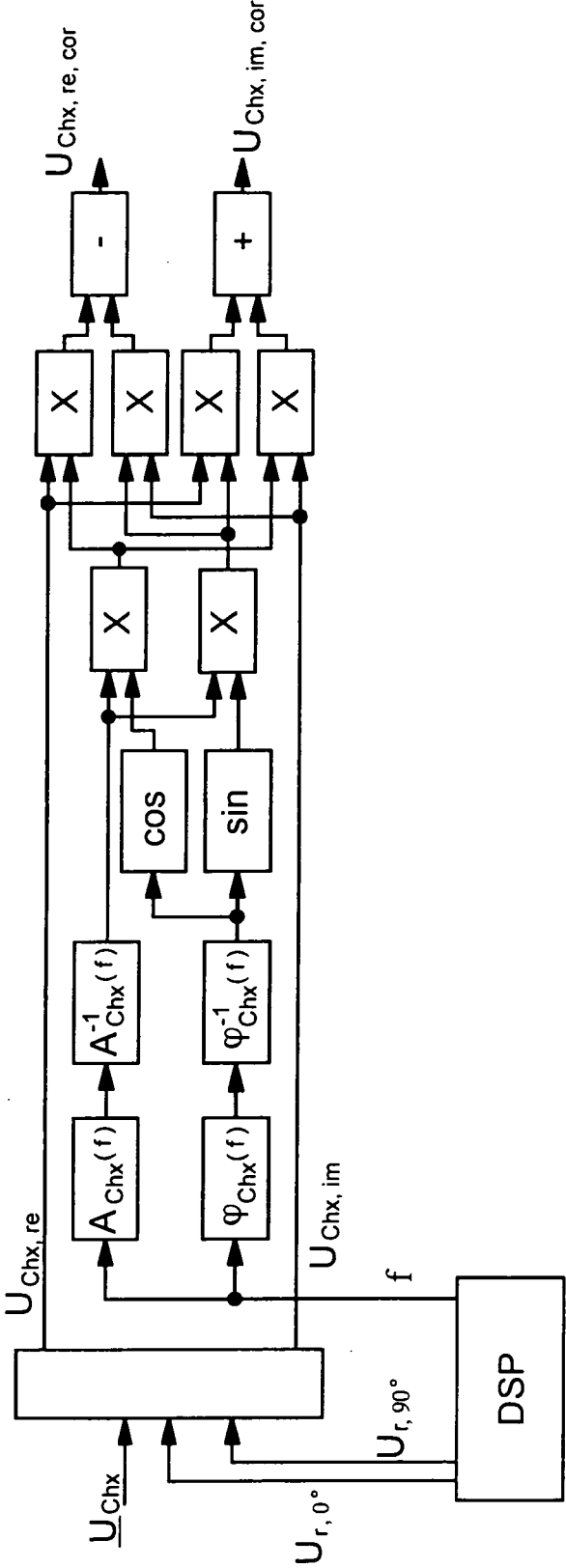


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/001824

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01F1/84
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)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 692 14 290 T2 (MICRO MOTION INC [US]) 27 February 1997 (1997-02-27)	1,11,12
A	page 6 - page 35; claims 10,17,23; figures 1,3A,3B,6	2-10,13
X	----- WO 88/02105 A1 (RHEOMETRON AG [CH]) 24 March 1988 (1988-03-24)	1
A	page 1 - page 14; claims 1,5,6; figures 1,2	2-13
A	----- DE 603 11 897 T2 (MICRO MOTION INC [US]) 28 June 2007 (2007-06-28) the whole document	1-13
A	----- DE 37 82 818 T2 (MICRO MOTION INC [US]) 17 June 1993 (1993-06-17) the whole document	1-13
	----- -/-	



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

28 September 2012

Date of mailing of the international search report

08/10/2012

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

Fenzl, Birgit

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/001824

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 300 301 A1 (EXAC CORP [US]) 25 January 1989 (1989-01-25) the whole document -----	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/001824

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 69214290	T2	27-02-1997	AT 143726 T 15-10-1996
		AU 662546 B2 07-09-1995	
		BR 9206115 A 02-05-1995	
		CA 2113165 A1 21-01-1993	
		CN 1068421 A 27-01-1993	
		CN 1190735 A 19-08-1998	
		CZ 9400045 A3 17-08-1994	
		DE 69214290 D1 07-11-1996	
		DE 69214290 T2 27-02-1997	
		EP 0593623 A1 27-04-1994	
		ES 2094917 T3 01-02-1997	
		HU 216208 B 28-05-1999	
		JP 2583012 B2 19-02-1997	
		JP H06508930 A 06-10-1994	
		PL 170494 B1 31-12-1996	
		RU 2100781 C1 27-12-1997	
		SK 2794 A3 10-08-1994	
		TJ 235 B 24-11-1999	
		US 5231884 A 03-08-1993	
		US 5331859 A 26-07-1994	
		WO 9301473 A1 21-01-1993	
WO 8802105	A1	24-03-1988	EP 0282552 A1 21-09-1988
			JP 5074005 B 15-10-1993
			JP H01501248 A 27-04-1989
			WO 8802105 A1 24-03-1988
DE 60311897	T2	28-06-2007	AR 046136 A1 23-11-2005
			AT 354075 T 15-03-2007
			AU 2003286596 A1 08-06-2005
			BR 0318552 A 10-10-2006
			CA 2543262 A1 02-06-2005
			CN 1860350 A 08-11-2006
			DE 60311897 T2 28-06-2007
			DK 1687595 T3 07-05-2007
			EP 1687595 A1 09-08-2006
			HK 1098531 A1 21-08-2009
			JP 4469337 B2 26-05-2010
			JP 2007521469 A 02-08-2007
			KR 20060100441 A 20-09-2006
			MX PA06004343 A 06-07-2006
			US 2007017274 A1 25-01-2007
			WO 2005050145 A1 02-06-2005
DE 3782818	T2	17-06-1993	AU 601915 B2 20-09-1990
			BR 8707448 A 01-11-1988
			DE 3782818 T2 17-06-1993
			EP 0282529 A1 21-09-1988
			JP 7089072 B2 27-09-1995
			JP H01500851 A 23-03-1989
			US 4817448 A 04-04-1989
			WO 8801808 A1 10-03-1988
EP 0300301	A1	25-01-1989	AU 595124 B2 22-03-1990
			AU 1879788 A 27-01-1989
			DE 3870341 D1 27-05-1992
			EP 0300301 A1 25-01-1989
			JP 1138419 A 31-05-1989

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/001824

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		JP 1947490 C	10-07-1995
		JP 6070572 B	07-09-1994
		US 4914956 A	10-04-1990

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01F1/84
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 692 14 290 T2 (MICRO MOTION INC [US]) 27. Februar 1997 (1997-02-27)	1,11,12
A	Seite 6 - Seite 35; Ansprüche 10,17,23; Abbildungen 1,3A,3B,6	2-10,13
X	WO 88/02105 A1 (RHEOMETRON AG [CH]) 24. März 1988 (1988-03-24)	1
A	Seite 1 - Seite 14; Ansprüche 1,5,6; Abbildungen 1,2	2-13
A	DE 603 11 897 T2 (MICRO MOTION INC [US]) 28. Juni 2007 (2007-06-28) das ganze Dokument	1-13
A	DE 37 82 818 T2 (MICRO MOTION INC [US]) 17. Juni 1993 (1993-06-17) das ganze Dokument	1-13
	-/-	

☒ 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

28. September 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/10/2012

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

Fenzl, Birgit

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 300 301 A1 (EXAC CORP [US]) 25. Januar 1989 (1989-01-25) das ganze Dokument -----	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/001824

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 69214290	T2	27-02-1997	AT 143726 T 15-10-1996
		AU 662546 B2 07-09-1995	
		BR 9206115 A 02-05-1995	
		CA 2113165 A1 21-01-1993	
		CN 1068421 A 27-01-1993	
		CN 1190735 A 19-08-1998	
		CZ 9400045 A3 17-08-1994	
		DE 69214290 D1 07-11-1996	
		DE 69214290 T2 27-02-1997	
		EP 0593623 A1 27-04-1994	
		ES 2094917 T3 01-02-1997	
		HU 216208 B 28-05-1999	
		JP 2583012 B2 19-02-1997	
		JP H06508930 A 06-10-1994	
		PL 170494 B1 31-12-1996	
		RU 2100781 C1 27-12-1997	
		SK 2794 A3 10-08-1994	
		TJ 235 B 24-11-1999	
		US 5231884 A 03-08-1993	
		US 5331859 A 26-07-1994	
		WO 9301473 A1 21-01-1993	
WO 8802105	A1	24-03-1988	EP 0282552 A1 21-09-1988
			JP 5074005 B 15-10-1993
			JP H01501248 A 27-04-1989
			WO 8802105 A1 24-03-1988
DE 60311897	T2	28-06-2007	AR 046136 A1 23-11-2005
			AT 354075 T 15-03-2007
			AU 2003286596 A1 08-06-2005
			BR 0318552 A 10-10-2006
			CA 2543262 A1 02-06-2005
			CN 1860350 A 08-11-2006
			DE 60311897 T2 28-06-2007
			DK 1687595 T3 07-05-2007
			EP 1687595 A1 09-08-2006
			HK 1098531 A1 21-08-2009
			JP 4469337 B2 26-05-2010
			JP 2007521469 A 02-08-2007
			KR 20060100441 A 20-09-2006
			MX PA06004343 A 06-07-2006
			US 2007017274 A1 25-01-2007
			WO 2005050145 A1 02-06-2005
DE 3782818	T2	17-06-1993	AU 601915 B2 20-09-1990
			BR 8707448 A 01-11-1988
			DE 3782818 T2 17-06-1993
			EP 0282529 A1 21-09-1988
			JP 7089072 B2 27-09-1995
			JP H01500851 A 23-03-1989
			US 4817448 A 04-04-1989
			WO 8801808 A1 10-03-1988
EP 0300301	A1	25-01-1989	AU 595124 B2 22-03-1990
			AU 1879788 A 27-01-1989
			DE 3870341 D1 27-05-1992
			EP 0300301 A1 25-01-1989
			JP 1138419 A 31-05-1989

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/001824

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		JP 1947490 C	10-07-1995
		JP 6070572 B	07-09-1994
		US 4914956 A	10-04-1990
