



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 062 600.1**  
(22) Anmeldetag: **29.12.2006**  
(43) Offenlegungstag: **03.07.2008**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **21.12.2023**

(51) Int Cl.: **G01F 1/84** (2006.01)  
**G01F 15/00** (2006.01)  
**G01F 25/10** (2022.01)  
**G01F 1/32** (2022.01)  
**G01F 1/56** (2006.01)  
**G01F 1/68** (2006.01)  
**G01N 9/00** (2006.01)  
**G01N 11/16** (2006.01)  
**G01C 9/00** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Endress + Hauser Flowtec AG, Reinach, CH**

(74) Vertreter:  
**Hahn, Christian, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 79576 Weil  
am Rhein, DE**

(72) Erfinder:  
**Grotzer, Stefan, Greenwood, Ind., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

EP	0 856 723	A2
WO	2006/ 033 901	A1
JP	2000- 205 921	A

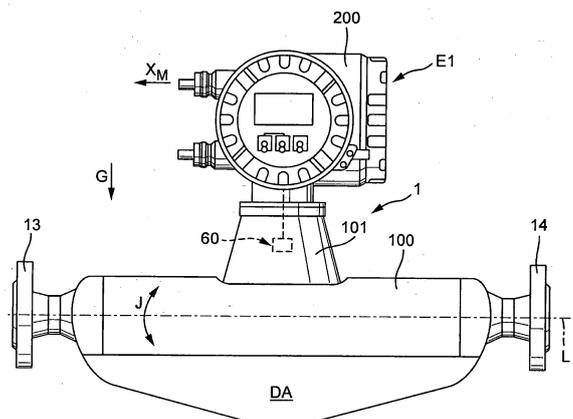
**Popa, N.C. et al.: Some applications of  
inductive transducers with magnetic liquids. In:  
Sensors and Actuators A, 59, 1997, 197-200.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Inbetriebnehmen und/oder Überwachen eines In-Line-Meßgeräts**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Inbetriebnehmen und/oder Überwachen eines In-Line-Meßgeräts (1), nämlich eines Coriolis-Massendurchfluß-/Dichte- und/oder Viskositätsmessers, eines magnetisch-induktiven Durchflußmessers, eines Vortex-Durchflußmeßgeräts oder eines Ultraschall-Durchflußmeßgeräts mit einem im Betrieb von einem zu messenden Medium durchströmten Meßaufnehmer (DA), welches Verfahren folgende Schritte umfaßt:

- Ermitteln einer momentanen Inklination des Meßaufnehmers (DA), die mit einer Neigung wenigstens einer Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA) gegenüber wenigstens einer gedachten Bezugsachse (G) korrespondiert;
- Erzeugen eines Inklinationsmeßwerts, der die Abweichung der momentanen Inklination von einem dafür vorgegebenen Referenzwert zumindest zweiwertig, insb. mehrwertig, repräsentiert;
- Strömenlassen von zu messendem Medium durch den Meßaufnehmer (DA);
- Erfassen wenigstens eines Parameters von im Meßaufnehmer (DA) befindlichem Medium;
- sowie Erzeugen wenigstens eines den Parameter quantitativ repräsentierenden Parametermeßwerts ( $X_M$ );
- wobei der Schritt des Erfassens des wenigstens einen Parameters weiters einen Schritt des Erzeugens wenigstens eines mit dem Parameter korrespondierenden Meßsignals umfaßt;

- wobei der Schritt des Erzeugens des wenigstens einen Parametermeßwerts ( $X_M$ ) weiters einen Schritt des Verwendens des mit dem Parameter korrespondierenden Meßsignals, sowie einen Schritt des Verwendens auch des momentanen Inklinationsmeßwerts, insb. zur Kompensation von mit der momentanen Inklination einhergehenden Meßfehlern und/oder zur Validierung des Parametermeßwerts ( $X_M$ ), umfaßt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein ein Verfahren zum Inbetriebnehmen und/oder Überwachen eines In-Line-Meßgeräts sowie ein Meßsystem zum Messen wenigstens eines physikalischen Parameters, insb. eines Massedurchflusses und/oder einer Dichte und/oder einer Viskosität, eines in einer Rohrleitung strömenden Mediums.

**[0002]** In der Prozeßmeß- und Automatisierungstechnik werden für die hochgenaue Messung physikalischer Parameter, wie z.B. dem Massedurchfluß, der Dichte und/oder der Viskosität, eines in einer Rohrleitung strömenden Mediums, beispielsweise einem Gas und/oder einer Flüssigkeit, oftmals solche mittels mindestens einem In-Line-Meßgerät gebildete Meßsysteme verwendet, die mittels eines vom Medium durchströmten Meßaufnehmers vom Vibrationstyp und einer daran angeschlossenen Meß- und Betriebsschaltung, im Medium Reaktionskräfte, wie z.B. mit dem Massedurchfluß korrespondierende Corioliskräfte, mit der Dichte korrespondierende Trägheitskräfte oder mit der Viskosität korrespondierende Reibungskräfte etc., bewirken und von diesen abgeleitet ein den jeweiligen Massedurchfluß, ein die jeweilige Viskosität und/oder ein die jeweilige Dichte des Mediums repräsentierendes Meßsignal erzeugen. Derartige In-Line-Meßgeräte mit einem Meßaufnehmer vom Vibrationstyp sowie deren Wirkungsweise sind dem Fachmann an und für sich bekannt und z.B. in der WO-A 03/095950, WO-A 03/095949, der WO-A 02/37063, der WO-A 01/33174, der WO-A 00/57141, der WO-A 99/39164, der WO-A 98/07009, der WO-A 95/16897, der WO-A 88/03261, der US 2003/0208325, der US-B 69 10 366, der US-B 68 95 826, der US-B 68 80 410, der US-B 66 91 583, der US-B 66 51 513, der US-B 65 13 393, der US-B 65 05 519, der US-A 60 06 609, der US-A 58 69 770, der US-A 58 61 561, der US-A 57 96 011, der US-A 56 16 868, der US-A 56 02 346, der US-A 56 02 345, der US-A 55 31 126, der US-A 53 59 881, der US-A 53 01 557, der US-A 52 53 533, der US-A 52 18 873, der US-A 50 69 074, der US-A 49 57 005, der US-A48 95 031, der US-A 48 76 898, der US-A 47 33 569, der US-A 46 60 421, der US-A 45 24 610, der US-A 44 91 025 oder der US-A 41 87 721 ausführlich und detailliert beschrieben. Zum Führen des strömenden Mediums umfassen die Meßaufnehmer jeweils wenigstens ein in einem zumeist als geschlossenes Aufnehmer-Gehäuse ausgebildeten Trägerrahmen gehaltenes Meßrohr mit einem gebogenen oder geraden Rohrsegment, das zum Erzeugen oben genannter Reaktionskräfte, angetrieben von einer elektromechanischen Erregeranordnung, im Betrieb vibrieren gelassen wird. Zum Erfassen, insb. einlaßseitiger und auslaßseitiger, Vibrationen

des Rohrsegments weisen die Meßaufnehmer ferner jeweils eine auf Bewegungen des Rohrsegments reagierende Sensoranordnung auf.

**[0003]** Bei Coriolis-Massedurchflußmeßgeräten beruht die Messung des Massedurchflusses eines in einer Rohrleitung strömenden Mediums bekanntlich darauf, daß das Medium durch das in Rohrleitung eingefügte und im Betrieb zumindest anteilig lateral zu einer Messrohrachse schwingende Meßrohr strömen gelassen wird, wodurch im Medium Corioliskräfte induziert werden. Diese wiederum bewirken, daß einlaßseitige und auslaßseitige Bereiche des Meßrohrs zueinander phasenverschoben schwingen. Die Größe dieser Phasenverschiebungen dient dabei als ein Maß für den Massedurchfluß. Die Schwingungen des Meßrohrs werden daher mittels zweier entlang des Meßrohres voneinander beabstandeter Schwingungssensoren der vorgenannten Sensoranordnung erfaßt und in Schwingungsmesssignale gewandelt, aus deren gegenseitiger Phasenverschiebung der Massedurchfluß abgeleitet wird. Bereits die eingangs referierte US-A 41 87 721 erwähnt ferner, daß mittels solcher In-Line-Meßgeräte auch die momentane Dichte des strömenden Mediums meßbar ist, und zwar anhand einer Frequenz wenigstens eines der von der Sensoranordnung gelieferten Schwingungsmesssignale.

**[0004]** Überdies wird zumeist auch eine Temperatur des Mediums in geeigneter Weise direkt gemessen, beispielsweise mittels eines am wenigstens einen Meßrohr angeordneten Temperatursensors. Zudem können gerade Meßrohre, zu Torsionsschwingungen um eine im wesentlichen mit der jeweiligen Messrohr längsachse parallel verlaufenden oder koinzidierenden Torsions-Schwingungsachse angeregt, bewirken, daß im hindurchgeführten Medium radiale Scherkräfte erzeugt werden, wodurch wiederum den Torsionsschwingungen signifikant Schwingungsenergie entzogen und im Medium dissipiert wird. Daraus resultierend erfolgt eine erhebliche Bedämpfung der Torsionsschwingungen des schwingenden Meßrohrs zu deren Aufrechterhaltung demzufolge dem Meßrohr zusätzlich elektrische Erregerleistung zugeführt werden muß. Abgeleitet von einer zum Aufrechterhalten der Torsionsschwingungen des Meßrohrs entsprechend erforderlichen elektrischen Erregerleistung, kann in der dem Fachmann bekannten Weise mittels des Meßaufnehmers so beispielsweise auch eine Viskosität des Mediums zumindest näherungsweise bestimmt werden, vgl. hierzu insb. auch die US-A 45 24 610, die US-A 52 53 533, die US-A 60 06 609 oder die US-B 66 51 513. Es kann insoweit im folgenden ohne weiteres vorausgesetzt werden, daß - selbst wenn nicht ausdrücklich beschrieben - mittels moderner In-Line-Meßgeräten mit einem Messaufnehmer vom Vibrationstyp, insb. mittels Coriolis-Massedurchfluß-Meßgeräten, jedenfalls auch Dichte, Viskosität und/oder Tempera-

tur des Mediums gemessen werden können, zumal diese bei der Massendurchflußmessung ohnehin zur Kompensation von Meßfehlern infolge schwankender Mediumsdichte und/oder Mediumsviskosität oftmals heran zu ziehen sind, vgl. hierzu insb. die bereits erwähnten US-B 65 13 393, US-A 60 06 609, US-A 56 02 346, WO-A 02/37063, WO-A 99/39164 oder auch die WO-A 00/36379. Neben derartigen Meßaufnehmern vom Vibrationstyp werden in der Prozeßmeß- und Automatisierungstechnik für die In-Line-Messungen häufig auch In-Line-Meßgeräte mit magnetisch-induktiven Meßaufnehmern oder die Laufzeit von in Strömungsrichtung ausgesendeten Ultraschallwellen auswertende, insb. auch nach dem Doppler-Prinzip arbeitende, Meßaufnehmern eingesetzt. Da der prinzipielle Aufbau und die Funktionsweise solcher magnetisch-induktiven Meßaufnehmer z.B. in der EP-A 1 039 269, US-A 60 31 740, US-A 55 40 103, US-A 53 51 554, US-A 45 63 904 etc. oder solcher Ultraschall-Meßaufnehmer z.B. in der US-B 63 97 683, der US-B 63 30 831, der US-B 62 93 156, der US-B 61 89 389, der US-A 55 31 124, der US-A 54 63 905, der US-A 51 31 279, der US-A 47 87 252 etc. hinlänglich beschrieben und überdies dem Fachmann ebenfalls hinreichend bekannt sind, kann an dieser Stelle auf eine detailliertere Erläuterung dieser Meßprinzipien verzichtet werden.

**[0005]** Wie beispielsweise in der US-A 49 57 005 erwähnt, ist in zahlreichen Anwendungen der industriellen Meßtechnik ein wichtiges Kriterium für den Betrieb von In-Line-Meßgeräten der beschriebenen Art, das der Durchflußmeßaufnehmer in-situ, also in Einbaulage, entleerbar ist. So erfordern beispielsweise in der Nahrungsmittel-Industrie oder auch der pharmazeutischen Industrie etablierte Standards, z.B. ASME BPE, daß Leitungssegmente über einen weiten Neigungsbereich selbstentleerbar sein müssen. Dementsprechend müssen praktisch sämtliche Leitungssegmente, einschließlich der vom jeweiligen Durchflußaufnehmer realisierten, eine bestimmte Steigung aufweisen, die eine Selbst-Entleerbarkeit des Rohrleitungssystems garantiert. Die geforderte Selbstentleerbarkeit kann für eine Vielzahl von Durchflußmeßaufnehmern auf einfache Weise dadurch realisiert werden, daß beim Einbau des In-Line-Meßgeräts eine auf die tatsächliche Geometrie des wenigstens einen Meßrohrs entsprechend angepaßte Neigung für den Durchflußmeßaufnehmers gewählt ist, die dann im Betrieb bei Leerlaufen der angeschlossenen Rohrleitung auch eine Selbstentleerung des wenigstens einen Meßrohrs ermöglicht.

**[0006]** Bei der Verwendung von solchen In-Line-Meßgeräten mit wenigstens einem in den Verlauf der Mediums führenden Rohrleitung eingefügten Meßrohr hat es sich ferner gezeigt, daß bei inhomogenen, insb. zwei- oder mehrphasigen Medien, die

damit erzeugten Meßsignale in erheblichem Maße nicht reproduzierbaren Schwankungen unterliegen können, obwohl die die Meßsignale signifikant beeinflussenden Mediumsparameter, insb. der Massendurchfluß, praktisch konstant gehaltenen sind, vgl. hierzu auch die eingangs erwähnten US-B 69 10 366, US-B 68 80 410, US-B 65 05 519, US-B 63 11 136 oder US-A 54 00 657. Infolgedessen sind diese Meßsignale bei mehrphasigen Mediumsströmen für eine hoch genaue Messung des jeweiligen physikalischen Strömungsparameters praktisch unbrauchbar. Solche inhomogenen Medien können beispielsweise Flüssigkeiten sein, in die, wie z.B. bei Dosier- oder Abfüllprozessen praktisch unvermeidbar, ein in der Rohrleitung vorhandenes Gas, insb. Luft, eingetragen ist oder aus denen ein gelöstes Medium, z.B. Kohlendioxid, ausgast und zur Schaumbildung führt. Als weitere Beispiele für solche inhomogenen Medien seien ferner auch Emulsionen, Naß- oder Sattdampf sowie Feststoffpartikel mitführende Fluide genannt. Im besonderen ist bei In-Line-Meßgeräten mit einem Meßaufnehmer vom Vibrationstyp, wie beispielsweise auch in der JP-A 10-281846, der EP-A 1 291 639, der US-B 68 80 410, der US-B 65 05 519 oder der US-A 45 24 610 diskutiert, festgestellt worden, daß die von den Schwingungen des Meßrohrs abgeleiteten Schwingungsmeßsignale, insb. auch die erwähnte Phasenverschiebung, bei zwei- oder mehrphasigen Medien trotz dem der Massendurchfluß sowie auch Viskosität und Dichte in den einzelnen Mediumsphasen praktisch konstantgehalten und/oder entsprechend mitberücksichtigt werden, in erheblichem Maße Schwankungen unterliegen und so ggf. für die Messung des jeweiligen physikalischen Strömungsparameters ohne abhelfende Maßnahmen völlig unbrauchbar werden können. Als Ursachen für die mit der Messung von inhomogenen Medien mittels Meßaufnehmern vom Vibrationstyp einhergehenden Meßfehler seien exemplarisch das einseitige Anlagern oder Absetzen von in Flüssigkeiten mitgeführten Gasblasen oder Feststoffpartikeln innen an der Messrohrwand und der sogenannte „Bubble-Effekt“ erwähnt, bei dem in der Flüssigkeit mitgeführte Gasblasen als Störkörper für quer zur Messrohr längsachse beschleunigte Flüssigkeitsteilvolumina wirkt. Zur Verringerung der mit zwei- oder mehrphasigen Medien einhergehenden Meßfehler ist beispielsweise in der US-A 45 24 610 vorgeschlagen, den Meßaufnehmer in einer vorgegebenen, hier im wesentlichen lotrechten, Einbaulage zu verwenden, um eine unerwünschte Verteilung störender Gasblasen zu vermeiden. Neben solchen störenden Einflüssen infolge von Inhomogenitäten im Medium können aber auch Asymmetrien im Strömungsprofil, hervorgerufen beispielsweise durch gekrümmte Meßrohre und/oder bei turbulenter Strömung, zu Abhängigkeiten der Meßgenauigkeit von der Einbaulage des Meßaufnehmers führen.

**[0007]** Dem Erfordernis einer definierten Einbaulage für Durchflußmeßaufnehmer der beschriebenen Art, insb. einer definierten Ausrichtung des Durchflußaufnehmers bezüglich dieser gedachten Bezugsachse, Rechnung tragend - sei es aus Gründen einer geforderten Selbstentleerbarkeit oder aus Gründen der Meßgenauigkeit - werden von Herstellern solcher In-Line-Meßgeräte dem Anwender üblicherweise Kataloge von geeigneten und gegebenenfalls ungeeigneten Einbaulagen des jeweiligen Meßgeräts zur Verfügung gestellt, wobei sich die geeigneten Einbaulagen zumeist auf im wesentlichen lot- und/oder waagerechte Einbaulagen beschränken. Allerdings hat es sich hierbei ferner gezeigt, daß insbesondere bei Sonderanwendungen, in denen eine im obigen Sinne standardisierte - also vorwiegend lot- oder waagerechte - Einbaulage nicht realisierbar ist oder nicht realisiert werden soll, erhebliche Probleme bei der Gewährleistung einer ausreichenden Meßgenauigkeit und/oder bei der Sicherstellung einer Selbstentleerung des Durchflußaufnehmers auftreten können.

**[0008]** In Popa, N.C. et al.: Some applications of inductive transducers with magnetic liquids. In: Sensors and Actuators A, 59, 1997, 197-200., der WO-A 2006/033901, der JP-A 2000-205 921 oder der EP-A 856 723 sind jeweils nach anderen Prinzipien wirkende Meßsysteme gezeigt, die ausgestaltet sind, eine Neigung des jeweiligen Meßsystems zu ermitteln.

**[0009]** Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, Meßsysteme der in Rede stehenden Art, nämlich jeweils als Coriolis-Massendurchfluß-/Dichte- und/oder Viskositätsmesser, als magnetisch-induktiver Durchflußmesser, als Vortex-Durchflußmeßgerät oder als Ultraschall-Durchflußmeßgerät ausgebildete In-Line-Meßgeräte dahingehend zu verbessern, daß es dem Anwender ermöglicht wird, bereits während der Inbetriebnahme - sei es während oder unmittelbar nach dem Einbau des Durchflußaufnehmers - die Eignung der für den Durchflußaufnehmer momentan gewählten Einbaulage ad-hoc festzustellen und insoweit auch die Einhaltung der für das betroffene In-Line-Meßgerät hinsichtlich der Einbaulage festgelegten Spezifikationen sicherzustellen. Andererseits sollen zumindest völlig ungeeignete Einbaulagen dem Anwender möglichst unverzüglich gemeldet werden können.

**[0010]** Zur Lösung der Aufgabe besteht die Erfindung in einem Verfahren gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 zum Inbetriebnehmen und/oder Überwachen eines In-Line-Meßgeräts mit einem im Betrieb von einem zu messenden Medium durchströmten Meßaufnehmer, nämlich einen Meßaufnehmer vom Vibrationstyp, insb. vom Biegeschwingungstyp mit ausschließlich oder zumindest anteilig in einem Biegeschwingungsmodus vibrierendem, gebogenem

oder geradem Meßrohr, einen magnetisch-induktiven Meßaufnehmer, einen Vortex-Durchflußaufnehmer oder einen Ultraschall-Meßaufnehmer, welches Verfahren insb. einen Schritt des Ermitteln einer momentanen Inklination des Meßaufnehmers umfaßt, die mit einer Neigung wenigstens einer Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers gegenüber wenigstens einer gedachten Bezugsachse korrespondiert.

**[0011]** Darüber hinaus besteht die Erfindung in einem Meßsystem gemäß dem unabhängigen Anspruch 19, insb. umfassend ein in einem Betrieb von einem zu messenden Medium durchströmten Durchflußmeßaufnehmer, nämlich einen Meßaufnehmer vom Vibrationstyp, insb. vom Biegeschwingungstyp mit ausschließlich oder zumindest anteilig in einem Biegeschwingungsmodus vibrierendem, gebogenem oder geradem Meßrohr, einen magnetisch-induktiven Meßaufnehmer, einen Vortex-Durchflußaufnehmer oder einen Ultraschall-Meßaufnehmer, sowie wenigstens einen Neigungssensor zum Erfassen und/oder Überwachen einer momentanen Inklination des Meßaufnehmers, die mit einer Neigung wenigstens einer Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers gegenüber wenigstens einer gedachten Bezugsachse korrespondiert.

**[0012]** Nach einer ersten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung umfaßt dieses weiters einen Schritt des Erzeugens einer, insb. visuell und/oder akustisch und/oder haptisch wahrnehmbaren, Meldung, die eine Abweichung der momentanen Inklination von einem dafür vorgegebenen Referenzwert zumindest qualitativ signalisiert.

**[0013]** Nach einer zweiten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist vorgesehen, daß die Meldung zumindest zeitweise eine zulässige Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert signalisiert und/oder daß die Meldung zeitweise eine unzulässig hohe Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert signalisiert.

**[0014]** Nach einer dritten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist vorgesehen, daß der Schritt des Ermitteln einer momentanen Inklination des Meßaufnehmers weiters einen Schritt des Messens der momentanen Inklination umfaßt.

**[0015]** Nach einer vierten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung umfaßt diese weiters einen Schritt des Erzeugens einer, insb. vor Ort visuell und/oder akustisch und/oder haptisch wahrnehmbaren, Meldung, die eine momentane Einbaulage des Meßaufnehmers als für den Betrieb des In-Line-Meßgeräts ungeeignet signalisiert, unter Berücksichtigung der momentanen Inklination des Meßaufnehmers.

**[0016]** Nach einer fünften Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung umfaßt dieses weiters einen Schritt des Erzeugens eines Inklinationsmeßwerts, der die Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert zumindest zweiwertig, insb. mehrwertig, repräsentiert.

**[0017]** Nach einer sechsten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung umfaßt dieses weiters Schritte des sensorischen Erfassens der momentanen Inklination mittels eines auf eine Änderung der Inklination des Meßaufnehmers reagierenden, insb. im wesentlichen starr an den Meßaufnehmer gekoppelten, Neigungssensors und des Erzeugens eines die momentane Inklination des Meßaufnehmers repräsentierenden Meßsignals.

**[0018]** Nach einer siebenten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist vorgesehen, daß die Inklination des Meßaufnehmers mit einer Neigung einer gedachten, zwischen einer ersten Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers und einer zweiten Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers imaginär aufgespannten Bezugsebene des Meßaufnehmers gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugssachse korrespondiert.

**[0019]** Nach einer achten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung umfaßt dieses weiters Schritte des Strömenlassens von zu messendem Medium durch den Meßaufnehmer, des Erfassens wenigstens eines Parameters von im Meßaufnehmer befindlichem Medium sowie des Erzeugens wenigstens eines den Parameter quantitativ repräsentierenden Parametermeßwerts.

**[0020]** Nach einer Weiterbildung der achten Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß der Schritt des Erfassens des wenigstens einen Parameters weiters einen Schritt des Erzeugens wenigstens eines mit dem Parameter korrespondierenden Meßsignals umfaßt. Dabei kann der Schritt des Erzeugens des wenigstens einen Parametermeßwerts weiters einen Schritt des Verwendes des mit dem Parameter korrespondierenden Meßsignals umfassen.

**[0021]** Nach einer anderen Weiterbildung der achten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß der Schritt des Erzeugens wenigstens eines die Meßgröße quantitativ repräsentierenden Meßwerts dann erfolgt, wenn der Inklinationsmeßwert mit einer zulässigen Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert korrespondiert und/oder daß der Schritt des Erzeugens wenigstens eines die Meßgröße quantitativ repräsentierenden Meßwerts dann nicht erfolgt, wenn der Inklinationsmeßwert mit einer unzulässig hohen Abweichung der momentanen

Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert korrespondiert.

**[0022]** Nach einer neunten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist vorgesehen, daß der Meßaufnehmer eine einen Einlaß für einströmendes Medium und einen Auslaß für ausströmendes Medium aufweist.

**[0023]** Nach einer Weiterbildung der neunten Ausgestaltung der Erfindung ist als die die Inklination des Meßaufnehmers zumindest anteilig definierende Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers jene gewählt, die im wesentlichen parallel zu einer gedachten, Einlaß und Auslaß imaginär verbindende Strömungsachse verläuft, insb. mit dieser koinzident ist.

**[0024]** Nach einer anderen Weiterbildung der neunten Ausgestaltung der Erfindung ist als die die Inklination des Meßaufnehmers zumindest anteilig definierende Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers jene gewählt, die im wesentlichen senkrecht zu einer gedachten, Einlaß und Auslaß imaginär verbindende Strömungsachse verläuft.

**[0025]** Nach einer zehnten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist vorgesehen, daß als Bezugssachse eine in Richtung der Erbeschleunigung weisende gedachte Falllinie gewählt ist.

**[0026]** Nach einer elften Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist vorgesehen, daß der Meßaufnehmer wenigstens ein Meßrohr zum Führen von zu messendem Medium umfaßt. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das wenigstens eine Meßrohr zumindest abschnittsweise im wesentlichen gerade ist und/oder wobei das wenigstens eine Meßrohr zumindest abschnittsweise gekrümmt, insb. zumindest abschnittsweise im wesentlichen U- oder V-förmig ausgebildet, ist.

**[0027]** Nach einer ersten Ausgestaltung des Meßsystems der Erfindung ist vorgesehen, daß der Neigungssensor zumindest zeitweise ein die momentane Inklination des Meßaufnehmers zumindest anteilig repräsentierendes Meßsignal liefert und/oder daß der Neigungssensor zumindest zeitweise ein Schaltsignal liefert, das eine unzulässig hohe Abweichung der momentanen Inklination von einem dafür vorgegebenen Referenzwert signalisiert.

**[0028]** Nach einer zweiten Ausgestaltung des Meßsystems der Erfindung umfaßt dieses weiters eine Meßgerät-Elektronik und ist die Meßgerät-Elektronik mit dem wenigstens einen Neigungssensor, insb. leitungsgebunden, elektrisch gekoppelt und ist vorgesehen, daß die Meßgerät-Elektronik mittels des vom Neigungssensor gelieferten Meßsignals und/o-

der mittels des vom Neigungssensor gelieferten Schaltsignals zeitweise eine Meldung generiert, die eine Abweichung der momentanen Inklination von einem dafür vorgegebenen Referenzwert zumindest qualitativ signalisiert.

**[0029]** Nach einer dritten Ausgestaltung des Meßsystems der Erfindung umfaßt dieses weiters ein mit dem Neigungssensor gekoppeltes Anzeigeelement zum Signalisieren einer mit der momentanen Inklination des Meßaufnehmers korrespondierenden Einbaulage des Durchflußaufnehmers.

**[0030]** Nach einer vierten Ausgestaltung des Meßsystems der Erfindung umfaßt dieses weiters ein Elektronik-Gehäuse für die Meßgerät-Elektronik.

**[0031]** Nach einer fünften Ausgestaltung des Meßsystems der Erfindung umfaßt der Meßaufnehmer wenigstens ein, insb. von einem Aufnehmer-Gehäuse umgebenes und/oder eingehülltes, Meßrohr zum Führen von zu messendem Medium. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist das wenigstens eine Meßrohr zumindest abschnittsweise im wesentlichen gerade ist und/oder ist das wenigstens eine Meßrohr zumindest abschnittsweise, insb. im wesentlichen U- oder V-förmig, gekrümmt.

**[0032]** Nach einer sechsten Ausgestaltung des Meßsystems der Erfindung umfaßt dieses weiters ein Aufnehmer-Gehäuse.

**[0033]** Nach einer siebenten Ausgestaltung des Meßsystems der Erfindung umfaßt dieses weiters ein Aufnehmer-Gehäuse sowie ein damit mechanisch, insb. im wesentlichen starr, gekoppeltes Elektronik-Gehäuse für eine Meßgerät-Elektronik des Meßsystems. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung weist das Aufnehmer-Gehäuse einen, insb. halsförmigen, Anschlußstutzen zum Haltern des Elektronik-Gehäuses auf. Nach einer anderen Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der wenigstens eine Neigungssensor mit dem Aufnehmer-Gehäuse mechanisch, insb. im wesentlichen starr und/oder dauerhaft, verbunden ist und/oder innerhalb des Aufnehmer-Gehäuses, beispielsweise im Anschlußstutzen, plaziert ist.

**[0034]** Nach einer achten Ausgestaltung des Meßsystems der Erfindung ist der Neigungssensor geeignet, eine Neigung einer gedachten Bezugsebene des Meßaufnehmers gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse zu erfassen. Als Bezugsebene kann beispielsweise eine zwischen einer ersten Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers und einer zweiten Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers imaginär aufgespannte Schnittebene oder Symmetrieebene des Durchflußaufneh-

mers dienen. Ferner ist bei dieser Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß der Neigungssensor zumindest zeitweise ein erstes Meßsignal liefert, das eine Neigung der ersten Trägheitshauptachse gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse repräsentiert, und daß der Neigungssensor zumindest zeitweise ein zweites Meßsignal liefert, das eine Neigung der zweiten Trägheitshauptachse gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse repräsentiert.

**[0035]** Nach einer neunten Ausgestaltung des Meßsystems der Erfindung umfaßt dieses wenigstens zwei Neigungssensoren zum Erfassen einer Neigung zweier Trägheitshauptachsen des Meßaufnehmers gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse.

**[0036]** Ein Grundgedanke der Erfindung besteht darin, einen mit einem im Betrieb von einem zu messenden Medium durchströmten (Durchfluß-)Meßaufnehmer, nämlich einem Meßaufnehmer vom Vibrationstyp, insb. vom Biegeschwingungstyp mit ausschließlich oder zumindest anteilig in einem Biegeschwingungsmodus vibrierendem, gebogenem oder geradem Meßrohr, einem magnetisch-induktive Meßaufnehmer, einem Vortex-Durchflußaufnehmer oder einem Ultraschall-Meßaufnehmer mechanisch, insb. starr und/oder dauerhaft, gekoppelten, insb. an eine Meßgerät-Elektronik des (Durchfluß-)Meßaufnehmers zumindest zeitweise Meßwerte sendenden, Neigungssensors zu verwenden, um eine momentanen Inklination des Durchflußmeßaufnehmers, die mit einer Neigung wenigstens einer Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers gegenüber wenigstens einer gedachten Bezugsachse korrespondiert, zu erfassen und/oder zu überwachen und somit das Einhalten einer für den Durchflußaufnehmer allfällig vorgegebene Einbaulage zu vereinfachen.

**[0037]** Die Erfindung und weitere Vorteile werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind; gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Falls es der Übersichtlichkeit dienlich ist, wird auf die Angabe bereits vergebener Bezugszeichen in nachfolgenden Figuren verzichtet.

**Fig. 1a, b** zeigt in einer ersten und einer zweiten Seitenansicht ein Ausführungsbeispiel eines mittels eines In-Line-Meßgeräts und eines Neigungssensor gebildeten Meßsystems,

**Fig. 2** zeigt perspektivisch in einer Seitenansicht ein Ausführungsbeispiel eines für das in **Fig. 1a, b** gezeigte Meßsystem geeigneten In-Line-Meßgeräts mit einem Meßaufnehmer vom Vibrationstyp, und.

**Fig. 3** zeigt in einer Seitenansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein mittels eines In-

Line-Meßgeräts und eines Neigungssensor gebildetes Meßsystem.

**[0038]** In den Fig. 1a, b ist ein Ausführungsbeispiel für ein Meßsystem dargestellt, das dafür geeignet und dafür vorgesehen ist, wenigstens einen physikalischen Parameter, insb. einen Massendurchfluß  $m$  und/oder Volumendurchfluß  $v$  und/oder eine Strömungsgeschwindigkeit  $u$ , eines in einer - hier nicht dargestellten - Rohrleitung strömenden Mediums, beispielsweise einer Flüssigkeit, einem Gas, einem Dampf oder dergleichen, sehr robust zu messen und in wenigstens einen entsprechenden Parametermeßwert  $X_M$  abzubilden. Des weiteren kann das Meßsystem auch dafür verwendet werden, einen oder mehrere solcher physikalischen Parameter von einem zumindest zeitweise zwei- oder mehrphasigen Medium zu messen.

**[0039]** Das Meßsystem umfaßt dafür wenigstens ein In-Line-Meßgerät 1 für strömende Medien, das mittels eines entsprechenden im Betrieb von zu messendem Medium durchströmten Durchflusaufnehmers DA - im folgenden kurz Meßaufnehmer - sowie einer mit diesem im Betrieb zumindest zeitweise elektrisch gekoppelten Meßgerät-Elektronik E1 gebildet ist. Die Meßgerät-Elektronik E1 kann beispielsweise unmittelbar im Durchflusaufnehmer DA oder auch in einem separaten Elektronik-Gehäuse des In-Line-Meßgeräts bzw. des Meßsystems untergebracht sein, wobei das Elektronik-Gehäuse seinerseits wiederum unmittelbar am Durchflusaufnehmer DA gehalten sein kann.

**[0040]** Der Durchflusaufnehmer DA weist ferner wenigstens ein in den Verlauf der Rohrleitung eingesetztes, zwischen einem Einlaß des Durchflusaufnehmers für einströmendes Medium und einen Auslaß des Durchflusaufnehmers für ausströmendes Medium verlaufendes Meßrohr auf, durch das im Betrieb des Meßsystems zumindest zeitweise das zu messende Medium hindurch strömen gelassen wird. Das wenigstens eine Meßrohr selbst kann zumindest abschnittsweise im wesentlichen gerade und/oder zumindest abschnittsweise gekrümmt ausgebildet sein. Erfindungsgemäß dienen ein - in Fig. 1a, b beispielhaft gezeigter - Coriolis-Massendurchfluß-/ Dichte- und/oder Viskositätsmesser, bei dem der Durchflusaufnehmer DA als Messaufnehmer vom Vibrationstyp ausgebildet ist, oder auch, in der Prozeßautomatisierungstechnik gleichermaßen etablierte In-Line-Meßgeräte zum Ermitteln des physikalischen Parameter, nämlich magnetisch-induktive Durchflußmesser, Vortex-Durchflußmeßgeräte oder auch Ultraschall-Durchflußmeßgeräte als In-Line-Meßgerät.

**[0041]** Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist im Durchflusaufnehmer ferner ein das wenigstens eine Meßrohr umgebendes und/oder einhüllendes Auf-

nehmer-Gehäuse vorgesehen. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist für den Fall, daß das Meßsystem sowohl ein Elektronik-Gehäuse für die Meßgerät-Elektronik sowie ein Aufnehmer-Gehäuse für den Durchflusaufnehmer bzw. dessen wenigstens eines Meßrohr aufweist, ferner vorgesehen daß das Elektronik-Gehäuse mit dem Aufnehmer-Gehäuse mechanisch, insb. im wesentlichen starr, gekoppelt ist. Zum Haltern des Elektronik-Gehäuses am Aufnehmer-Gehäuse kann dieses beispielsweise einen entsprechenden, insb. halsförmigen, Anschlußstutzen aufweisen.

**[0042]** Der Durchflusaufnehmer DA im besonderen dient dazu, zumindest zeitweise wenigstens ein Meßsignal  $s_1$  zu erzeugen, das von wenigstens einem physikalischen Parameter, beispielsweise einer Strömungsgeschwindigkeit, einem Massendurchfluß  $m$ , einem Volumendurchfluß  $v$ , einer Dichte  $\rho$  und/oder einer Viskosität  $\eta$ , des im Meßrohr befindlichen Mediums beeinflusst ist und insoweit mit dem Parameter entsprechend, insb. auch quantitativ, korrespondiert. Zum Erzeugen des wenigstens einen Meßsignals dient eine am Meßrohr und/oder in dessen Nähe angeordnete Sensoranordnung des In-Line-Meßgeräts, die zumindest mittelbar auf Änderungen des wenigstens einen physikalischen Parameters des Mediums in einer das wenigstens eine Meßsignal entsprechend beeinflussenden Weise reagiert. Unter Verwendung des wenigstens einen Meßsignals aktualisiert die Meßgerät-Elektronik im Betrieb wiederkehrend den Parametermeßwert.

**[0043]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Messgerät-Elektronik ferner so ausgelegt, daß sie im Betrieb das Meßsystem mit einer diesem übergeordneten Messwertverarbeitungseinheit, beispielsweise einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), einem Personalcomputer, einer Workstation oder einem anderen Prozeßrechner, via elektronischem Datenübertragungssystem, beispielsweise einem Feldbussystem, Meß- und/oder andere Betriebsdaten, insb. auch den wenigstens einen Messwert  $X_M$ , austauschen kann. Für diesen vorgenannten Fall, daß das Meßsystem für eine Ankopplung an ein Feldbus- oder ein anderes Kommunikationssystem vorgesehen ist, weist zumindest die wenigstens eine an das Kommunikationssystem angeschlossene Meßgerät-Elektronik eine entsprechende Kommunikations-Schnittstelle für eine Datenkommunikation auf, z.B. zum Senden der Meßdaten an die bereits erwähnte speicherprogrammierbare Steuerung oder ein übergeordnetes Prozeßleitsystem, auf. Hierfür können beispielsweise in der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik entsprechend etablierte Standardschnittstellen zum Einsatz kommen. Darüber hinaus kann auch die externe Energieversorgung an das Feldbussystem angeschlossen sein und das Meßsystem in der vor-

beschriebenen Weise direkt via Feldbussystem mit Energie versorgen.

**[0044]** Wie bereits angedeutet, kann das In-Line-Meßgerät erfindungsgemäß einen Meßaufnehmer vom Vibrationstyp umfassen, der im Betrieb vom zu messenden Medium durchströmt ist, und der dazu dient, in einem hindurchströmenden Medium solche mechanische Reaktionskräfte, insb. vom Massendurchfluß abhängige Corioliskräfte, von der Mediumsdichte abhängige Trägheitskräfte und/oder von der Mediumsviskosität abhängige Reibungskräfte, zu erzeugen, die meßbar, insb. sensorisch erfaßbar, auf den Meßaufnehmer zurückwirken. Abgeleitet von diesen das Medium beschreibenden Reaktionskräften können so in der dem Fachmann bekannten Weise z.B. der Massendurchfluß, die Dichte und/oder die Viskosität des Mediums gemessen werden.

**[0045]** In der **Fig. 2** ist ein Ausführungsbeispiel einer als Messaufnehmer 10 vom Vibrations-Typ gezeigtes dienenden physikalisch-elektrischen Wandleranordnung schematisch dargestellt. Der mechanische Aufbau und die Funktionsweise einer derartigen Wandleranordnung ist dem Fachmann an und für sich bekannt und z.B. auch in der US-B 68 60 158, der US-A 57 96 011 oder der US-A 53 59 881 detailliert beschrieben. Es sei an dieser Stelle ferner darauf verwiesen, daß zur Realisierung der Erfindung anstelle eines Meßaufnehmers gemäß dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel praktisch jeder der dem Fachmann für Coriolis-Massedurchfluß-/ Dichtemeßgeräte bereits bekannten Meßaufnehmer, insb. auch ein solcher vom Biegeschwingungstyp mit ausschließlich oder zumindest anteilig in einem Biegeschwingungsmodus vibrierendem, gebogenem oder geradem Meßrohr, verwendet werden kann. Weitere geeignete Ausführungsformen für solche als Meßaufnehmer 10 dienende elektro-mechanische Wandleranordnungen sind z.B. in der US-B 66 91 583, der US-B 63 08 580, der US-A 53 01 557, der US-A 53 57 811, der US-A 55 57 973, der US-A 56 02 345, der US-A 56 48 616, WO-A 03/095949 oder der WO-A 03/095950 ausführlich und detailliert beschrieben, deren Offenbarung daher als zur Offenbarung dieser Anmeldung zugehörig erachtet wird. Alternativ dazu können erfindungsgemäß auch dem Fachmann bekannte magnetisch-induktive Meßaufnehmer, Vortex-Durchflußaufnehmer oder auch Ultraschall-Meßaufnehmer verwendet werden.

**[0046]** Zum Führen des zu messenden Fluids umfaßt Meßaufnehmer ein - hier einziges, abschnittsweise im wesentlichen gerades und abschnittsweise gekrümmtes - Meßrohr 10, das über ein einlaßseitig mündendes Einlaßrohrstück 11 und über ein auslaßseitig mündendes Auslaßrohrstück 12 an die Rohrleitung angeschlossen ist. Ein-

laß- und Auslaßrohrstück 11, 12 sind, zueinander sowie zu einer gedachten Längsachse  $A_1$  des Meßaufnehmers möglichst fluchtend ausgerichtet. Darüberhinaus sind Meßrohr, Einlaß- und Auslaßrohrstück 11, 12 in vorteilhafter Weise einstückig ausgeführt, so daß zu deren Herstellung z.B. ein einziges rohrförmiges Halbzeug dienen kann; falls erforderlich können das Meßrohr 10 sowie das Einlaß- und das Auslaßrohrstück 11, 12 aber auch mittels einzelner, nachträglich zusammengefügter, z.B. zusammengeschweißter, Halbzeuge hergestellt werden. Zur Herstellung des Meßrohrs 10 kann hierbei praktisch jedes der für solche Meßwandler üblichen Materialien, wie z.B. Stahl, Hastelloy, Titan, Zirkonium, Tantal etc., verwendet werden. Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, daß anstelle des im Ausführungsbeispiel gezeigten Messaufnehmers mit einzigen - hier eher U- oder V-förmigen - Meßrohr, der der Realisierung der Erfindung dienende Meßaufnehmer gleichwohl aus einer Vielzahl von aus dem Stand der Technik bekannten Messaufnehmern vom Vibrationstyp ausgewählt werden kann, bei denen das wenigstens eine Meßrohr zumindest abschnittsweise im wesentlichen gerade und/oder zumindest abschnittsweise gekrümmt ist. Beispielsweise eignen sich auch Meßaufnehmer vom Vibrationstyp mit zwei parallel vom zu messenden Medium durchflossenen, beispielsweise zueinander im wesentlichen parallel verlaufenden und/oder im wesentlichen baugleichen, geraden oder gebogenen Meßrohren, wie sie beispielsweise auch in der US-A 56 02 345 oder der US-A 57 96 011 beschrieben sind, oder auch solche mit einem einzigen geraden Meßrohr, vgl. hierzu beispielsweise auch die US-B 68 40 109 oder die die US-B 60 06 609.

**[0047]** Für den Fall, daß der Meßaufnehmer lösbar mit der Rohrleitung zu montieren ist, kann dem Einlaßrohrstück 11 und dem Auslaßrohrstück 12 in der üblichen Weise ferner jeweils ein erster bzw. zweiter Flansch 13, 14 angeformt; falls erforderlich können Ein- und Auslaßrohrstück 11, 12 aber auch direkt mit der Rohrleitung, z.B. mittels Schweißen oder Hartlötung, verbunden werden.

**[0048]** Ferner ist, wie in den **Fig. 2** schematisch dargestellt, am ein Ein- und am Auslaßrohrstück 11, 12 fixiertes, das Meßrohr 10 aufnehmendes Wandlergehäuse 100 vorgesehen, das im Vergleich zum Meßrohr eher biege- und torsionssteif ausgebildet ist. Neben dem schwingfähigen Haltern des Meßrohrs dient das Meßaufnehmer-Gehäuse 100 dazu das Meßrohr 10 sowie allfällige weitere Komponenten des Messaufnehmers einzuhausen und diese somit vor schädlichen Umgebungseinflüssen zu schützen und/oder allfällige Schallemissionen des Meßaufnehmers nach außen hin zu dämpfen. Überdies dient das Meßaufnehmer-Gehäuse 100 ferner auch dazu ein die Meßgerät-Elektronik E1 einhausendes Elektronik-Gehäuse 200 entsprechend zu haltern.

Hierzu ist das Meßaufnehmer-Gehäuse 100, wie erwähnt, mit einem halsartigen Anschlußstutzen versehen, an dem das Elektronik-Gehäuse 200 entsprechend fixiert ist. Anstelle des hier gezeigten eher kastenförmigen Wandlergehäuses 100 können selbstverständlich auch andere, auf die jeweilige Form des tatsächlich verwendeten Meßrohrs abgestimmte geeignete Gehäuseformen, wie z.B. rohrförmigen, koaxial zum Messrohr verlaufenden Strukturen, verwendet werden.

**[0049]** Wie in der **Fig. 2** dargestellt, umfaßt der Meßaufnehmer des Ausführungsbeispiels weiters einen Gegenschwinger 20 für das Meßrohr 10, der mittels eines einlaßseitigen ersten Kopplers 31 an einem Einlaßende des Meßrohrs 10 und mittels eines auslaßseitigen, insb. zum Koppler 31 identisch geformten, zweiten Kopplers 32 an einem Auslaßende des Meßrohrs 10 schwingfähig fixiert ist. Als Koppler 31 können hierbei z.B. eine oder, wie auch in der **Fig. 2** gezeigt, zwei Knotenplatten dienen, die in entsprechender Weise einlaßseitig jeweils an Meßrohr 10 und Gegenschwinger 20 befestigt sind; analog dazu kann auch der Koppler 32 mittels auslaßseitig jeweils an Meßrohr 10 und Gegenschwinger 20 befestigten Knotenplatten realisiert werden. Der hier ebenfalls rohrförmige Gegenschwinger 20 ist vom Meßrohr 10 beabstandet und zu diesem im wesentlichen parallel ausgerichtet im Meßwandler angeordnet. Meßrohr 10 und Gegenschwinger 20 können dabei so ausgeführt sein, daß sie bei einer möglichst identischen äußeren Raumform gleiche oder zumindest einander ähnliche, insb. zueinander proportionale, Massenverteilungen aufweisen. Es kann aber auch von Vorteil sein, den Gegenschwinger 20 nicht-identisch zum Meßrohr 10 zu formen; z.B. kann der Gegenschwinger 20 auch, falls erforderlich, koaxial zum Meßrohr 10 verlaufend im Meßwandler angeordnet sein.

**[0050]** Zum Erzeugen oben genannter Reaktionskräfte im Fluid wird das Meßrohr 13 im Betrieb des Meßaufnehmers 10, angetrieben von einer mit dem Meßrohr 10 gekoppelten elektro-mechanischen Erregeranordnung 40, bei einer vorgebbaren Erregerfrequenz  $f_{exc}$ , insb. einer natürlichen Resonanzfrequenz, im sogenannten Nutzmode vibrieren gelassen und somit in vorgebbarer Weise elastisch verformt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das Messrohr 10, wie bei derartigen Meßwandlern vom Vibrations-Typ üblich, im Nutzmode zu Auslegerschwingungen so angeregt, daß es sich, um eine mit dem Einlaßrohrstück 11 und dem Auslaßrohrstück 12 im wesentlichen fluchtende gedachte Längsachse  $A_1$  des Meßaufnehmers pendelnd, zumindest anteilig auslegerartige Biegeschwingungen um diese gedachte Längsachse  $A_1$  ausführt. Gleichzeitig wird auch der Gegenschwinger 20 zu Auslegerschwingungen angeregt, und zwar so, daß er, zumindest bei ruhendem Medium, im wesentli-

chen gleichförmig, jedoch gegenphasig zum im Nutzmode schwingenden Meßrohr 10 oszilliert. Anders gesagt, Meßrohr 10 und Gegenschwinger 20 bewegen sich dann nach der Art von gegeneinander schwingenden Stimmgabelzinken.

**[0051]** Für den Fall, daß dabei Medium strömt und somit der Massendurchfluß  $m$  von Null verschieden ist, werden mittels des im Nutzmode schwingenden Meßrohrs 10 im hindurchströmenden Medium Corioliskräfte induziert. Diese wiederum wirken auf das Meßrohr 10 zurück und bewirken so in der dem Fachmann bekannten Weise eine zusätzliche, sensorisch erfaßbare Verformung des Meßrohrs 10, die den Biegeschwingungen des Nutzmodes inform eines sogenannten Coriolis-Modes überlagert sind. Die momentane Ausprägung der Verformungen des Meßrohrs 10 ist dabei, insb. hinsichtlich ihrer Amplituden, auch vom momentanen Massendurchfluß  $m$  abhängig und wird mittels einer entsprechenden am Meßrohr angeordneten Sensoranordnung erfaßt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Coriolis-Mode, wie bei derartigen Meßwandlern üblich, als ein antisymmetrischer Twistmode ausgebildet, in dem das Meßrohr 10 auch Drehschwingungen um eine senkrecht zur Längsachse  $A_1$  ausgerichteten, gedachten Hochachse  $A_2$  des Meßaufnehmers ausführt. Nach einer Ausgestaltung der Erfindung, ist die Erreger- oder auch Nutzmodelfrequenz  $f_{exc}$  dabei so eingestellt, daß sie möglichst genau einer, insb. niedrigsten, natürlichen Eigenfrequenz des Meßrohrs 10 entspricht, so daß sich das Meßrohr im wesentlichen gemäß einer natürlichen Eigenschwingungsform ausbiegt. Da natürliche Eigenfrequenzen solcher Biegeschwingungsmoden von Meßrohren bekanntlich in besonderem Maße auch von der Dichte  $\rho$  des Mediums abhängig sind, kann mittels des In-Line-Meßgerät ohne weiteres zusätzlich zum Massendurchfluß  $m$  auch die Dichte  $\rho$  gemessen werden.

**[0052]** Zum Erzeugen von Vibrationen des Meßrohrs 10 umfaßt der Meßaufnehmer, wie bereits erwähnt, ferner eine am wenigstens einen Meßrohr angeordnete und zumindest mittelbar auf das darin geführte Medium einwirkende elektro-physikalischen -hier elektrodynamische - Erregeranordnung 40. Diese dient dazu, eine von einer Meß- und Betriebschaltung 50 der Meßgerät-Elektronik E1 eingespeiste elektrische Erregerenergie  $E_{exc}$ , z.B. mit einem geregelten Strom und/oder einer geregelten Spannung, in eine auf das Meßrohr 10, z.B. pulsartig oder harmonisch, einwirkende und dieses in der vorbeschriebenen Weise auslenkende Erregerkraft  $F_{exc}$  umzuwandeln. Von der erwähnten Meß- und Betriebselektronik 50 ist in **Fig. 7** ein entsprechendes Ausführungsbeispiel gezeigt. Für das Einstellen der Erregerenergie  $E_{exc}$  geeignete Treiberschaltungen sind z.B. in der US-A 47 77 833, der US-A 48 01 897, der 48 79 911 oder der US-A 50 09 109 gezeigt. Die Erregerkraft  $F_{exc}$  kann,

wie bei derartigen Meßwandlern üblich, bidirektional oder unidirektional ausgebildet sein und in der dem Fachmann bekannten Weise z.B. mittels einer Strom-und/oder Spannungs-Regelschaltung, hinsichtlich ihrer Amplitude und, z.B. mittels einer Phasen-Regelschleife, hinsichtlich ihrer Frequenz eingestellt werden. Als Erregeranordnung 40 kann z.B. eine einfache Tauchspulenanordnung mit einer am Gegenschwinger 20 befestigten zylindrischen Erregerspule, die im Betrieb von einem entsprechenden Erregerstrom durchflossen ist, und einem in die Erregerspule zumindest teilweise eintauchenden dauermagnetischen Anker dienen, der von außen, insb. mittig, am Meßrohr 10 fixiert ist. Ferner kann als Erregeranordnung 40 z.B. auch ein Elektromagnet dienen.

**[0053]** Zum Detektieren und Erfassen von Vibrationen, insb. Biegeschwingungen, des Meßrohrs 10 umfaßt der Meßaufnehmer außerdem eine Sensoranordnung 50. Als Sensoranordnung 50 kann praktisch jede der für derartige Meßwandler üblichen Sensoranordnungen verwendet werden, die Bewegungen des Meßrohrs 10, insb. einlaßseitig und auslaßseitig, erfaßt und in entsprechende als von der Sensoranordnung gelieferte Meßsignale dienende Schwingungssignale umwandelt. So kann die Sensoranordnung 50 z.B. in der dem Fachmann bekannten Weise, mittels eines einlaßseitig am Meßrohr 10 angeordneten ersten Sensors und mittels eines auslaßseitigen am Meßrohr 10 angeordneten zweiten Sensors gebildet sein. Als Sensoren können dabei z.B. Schwingungen relativ messende, elektrodynamische Geschwindigkeitssensoren oder aber auch elektrodynamische Wegsensoren oder Beschleunigungssensoren verwendet werden. Anstelle elektrodynamischer Sensoranordnungen können ferner auch mittels resistiver oder piezo-elektrischer Dehnungsmeßstreifen messende oder opto-elektronische Sensoranordnungen zum Detektieren der Schwingungen des Meßrohrs 10 dienen. Falls erforderlich, können darüber hinaus in der dem Fachmann bekannten Weise noch weitere für die Messung und/oder den Betrieb des Meßwandlers benötigte Sensoren, wie z.B. am Gegenschwinger 20 und/oder am Wandlergehäuse 100 angeordnete zusätzliche Schwingungssensoren, vgl. hierzu auch die US-A 57 36 653, oder z.B. auch am Meßrohr 10, am Gegenschwinger 20 und/oder am Wandlergehäuse 100 angeordnete Temperatursensoren vorgesehen sein, vgl. hierzu auch die US-A 47 68 384 oder die WO-A 00/102816.

**[0054]** Da es sich bei dem hier gezeigten Durchflußmeßaufnehmer 10 praktisch um einen Mehrgrößen-Meßaufnehmer handelt, mit dem alternierend oder auch simultan z.B. der Massedurchfluß,  $m$ , anhand der beiden Sensorsignale  $s_1$ ,  $s_2$  und/oder die Dichte,  $\rho$ , anhand der Schwingungsfrequenz  $f_{exc}$  und/oder die Viskosität,  $\eta$ , des Fluids anhand des Erregerst-

roms  $i_{exc}$  detektiert werden können im Rahmen der vorliegenden Erfindung die von der Sensoranordnung gelieferten Schwingungssignale  $s_1$ ,  $s_2$ , der Erregerstrom  $i_{exc}$  einzeln oder auch in Kombination als „Meßsignal“ verstanden werden. Gleichermaßen können entsprechende Meßspannungen des ggf. anstelle des Coriolis-Massedurchflußmessers verwendeten magnetisch-induktiven Durchflußmesser, Vortex-Durchflußmeßgerät oder auch Ultraschall-Durchflußmeßgerät Meßsignal im vorgenannten Sinne sein. Es sei ferner noch erwähnt, daß für den Fall, daß als Meßaufnehmer ein magnetisch-induktiver Durchflußaufnehmer dient, anstelle der oben gezeigten Erregeranordnung in der dem Fachmann bekannten Weise eine Spulenanordnung als Erregeranordnung verwendet wird, die, von einem Erregerstrom durchflossen, ein Magnetfeld in das Fluid im Meßrohr einkoppelt. In entsprechender Weise dient dann als Sensoranordnung eine spannungsabgreifende Elektrodenanordnung, die eine im Fluid mittels des oben erwähnten Magnetfelds induzierte Meßspannung auskoppelt. Für den Fall, daß als Meßaufnehmer ein Ultraschall-Durchflußaufnehmer dient, wird in der dem Fachmann bekannten Weise ein Ultraschallwandler als Erregeranordnung verwendet, die, von einem entsprechenden Erregersignal angesteuert ist, Ultraschallwellen in das Fluid im Meßrohr einkoppelt. Ebenso dient dann auch üblicherweise ein Ultraschallwandler als Sensoranordnung, der Ultraschallwellen aus dem Fluid auskoppelt und in eine entsprechende Meßspannung umwandelt.

**[0055]** Wie bereits erwähnt, kann für den Betrieb von In-Line-Meßgeräten der vorgenannten Art gegebenenfalls die Einbaulage des Durchflußaufnehmers DA, insb. dessen Ausrichtung bezüglich einer gedachten vorgegebenen Bezugsachse G, von erheblichem Interesse sein. Dies beispielsweise dann, wenn eine Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Durchflußaufnehmers und insoweit der Meßgenauigkeit des In-Line-Meßgerät von einer momentanen Inklination I des Meßaufnehmers gegeben ist, die mit einer Neigung oder auch einem Neigungswinkel wenigstens einer, beispielsweise quer zu einer Strömungsrichtung des im wenigstens einen Meßrohr strömenden Mediums ausgerichtete, Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers gegenüber wenigstens einer gedachten Bezugsachse, beispielsweise der lokal in Richtung der Erbeschleunigung weisenden gedachten Fallline, korrespondiert. Solche Abhängigkeiten der Meßgenauigkeit können z.B. bei Anwendungen mit zwei- oder mehrphasigen Medien, bei betriebsbedingt bewegten Durchflußaufnehmern in rotierenden Abfüllanlagen oder auch im Bereich von Strömungsprofil verzerrenden Störern gegeben sein. Desweiteren kann die Einbaulage beispielsweise dann von Belang sein, wenn eine Selbstentleerbarkeit des Durchflußaufnehmers bzw. des darin vorgesehenen wenigstens einen Meßrohrs zu

gewährleisten und insoweit eine vorgegebene Neigung einer gedachten, den Einlaß und Auslaß imaginär verbindenden Strömungsachse des Durchfließaufnehmers einzuhalten ist. Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel verläuft die Strömungsachse, wie bei derartigen Meßaufnehmern üblich, im wesentlichen parallel zur erwähnten Längsachse A<sub>1</sub> des Durchfließaufnehmers. Beim hier gezeigten Durchfließaufnehmer ist die erwähnte Strömungsachse - wie bei Durchfließaufnehmern der in Rede stehenden Art durchaus üblich - zudem zumindest anteilig im wesentlichen parallel zu einer von dessen Trägheitshauptachsen. Für den oben beschriebenen Fall, daß der Durchfließaufnehmer ein einziges im wesentlichen gerades Meßrohr aufweist, ist diese Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers darüber hinaus zumeist auch durchgehend koinzident mit der Strömungsachse.

**[0056]** Dem Erfordernis nach einer definierten Einbaulage einerseits und dem Wunsch nach einer unmittelbaren Detektion derselben andererseits Rechnung tragend ist beim erfindungsgemäßen Meßsystem ferner vorgesehen, zumindest zeitweise - gegebenenfalls auch wiederkehrend - die momentane Inklination des Durchfließaufnehmers zu ermitteln und, falls erforderlich, geeignet zu signalisieren. Das Ermitteln der Inklination kann jeweils beispielsweise während des Inbetriebnehmens des In-Line-Meßgeräts erfolgen, also während dessen Einbau in die Rohrleitung und/oder unmittelbar danach in einer Initialisierungsphase. Alternativ oder in Ergänzung dazu kann die momentane Inklination auch während des Betriebes des In-Line-Meßgeräts wiederkehrend ermittelt werden, beispielsweise zum Zwecke der Überwachung des In-Line-Meßgeräts und/oder der Anlage selbst in entsprechend gefährdeten und/oder betriebsgemäß bewegten Anwendungen.

**[0057]** Zum Ermitteln der Inklination umfaßt das erfindungsgemäße Meßsystem neben dem - hier beispielhaft als Meßaufnehmer vom Vibrationstyp ausgebildeten - Durchfließaufnehmer weiters wenigstens einen, insb. im wesentlichen starr an den Meßaufnehmer gekoppelten, auf eine Änderung der Inklination des Meßaufnehmers reagierenden Neigungssensor 60 zum sensorischen Erfassen und/oder Überwachen einer momentanen Inklination des Durchfließaufnehmers. Der Neigungssensor 60 ist im besonderen dafür vorgesehen, im Betrieb zumindest zeitweise ein, insb. binäres, Schaltsignal, das eine unzulässig hohe Abweichung der momentanen Inklination von einem dafür vorgegebenen Referenzwert signalisiert, und/oder zumindest zeitweise ein die momentane Inklination des Meßaufnehmers zumindest anteilig, insb. mehrwertig, repräsentierendes Inklinationsmeßsignal zu liefern. Als Neigungssensor können herkömmliche, in industriellen Anwendungen, beispielsweise auch in der Automob-

ilindustrie, bewährte und dem Fachmann an und für sich bekannte Neigungssensoren verwendet werden. Beispiele für solche Neigungssensoren sind u.a. der DE-A 195 12 374, DE-A 197 52 439, DE-A 100 07 246, DE-A 10 2004 048 747, DE-A 44 35 521, DE-A 42 38 930, DE-A 42 19 823, EP-A 537 812, EP-A 359 090, US-B 63 11 406, US-A 46 68 846, oder US-A 35 99 745 entnehmbar. Dabei kann es durchaus von Vorteil sein, wenn der Neigungssensor eher robust ausgebildet und kompakt gehalten ist und einen möglichst geringen Platzbedarf aufweist.

**[0058]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist der wenigstens eine Neigungssensor mit dem Durchfließaufnehmer selbst mechanisch, insb. im wesentlichen starr und/oder dauerhaft, verbunden. In vorteilhafter Weise ist der Neigungssensor dabei in das In-Line-Meßgerät integriert und insoweit als eine Komponente desselben ausgebildet. Für den oben beschriebenen Fall, daß der Durchfließaufnehmer ein Aufnehmer-Gehäuse aufweist, kann der Neigungssensor mit diesem entsprechend verbunden sein. Ferner ist nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß der wenigstens eine Neigungssensor innerhalb des Aufnehmer-Gehäuses, beispielsweise im Anschlußstutzen, plaziert ist; falls erforderlich, kann er aber auch an einer anderen geeigneten Stelle im In-Line-Meßgerät plaziert sein, beispielsweise an einer Seitenwand des Aufnehmer-Gehäuses oder auch innerhalb des Elektronik-Gehäuses. Falls erforderlich, kann der Neigungssensor aber auch extern des In-Line-Meßgeräts, beispielsweise - wie auch in **Fig. 3** exemplarisch dargestellt - in dessen unmittelbarer Nähe und/oder auf der angeschlossenen Rohrleitung unmittelbar vor oder nach den oben erwähnten Anschlußflanschen, plaziert sein und über eine externe Datenverbindung, beispielsweise eine Signalleitung, mit diesem entsprechend kommunizieren, insb. Inklinationsmeßsignale oder entsprechende Inklinationsmeßwerte senden. Gegebenenfalls kann der Neigungssensor dabei auch nur temporär mit dem In-Line-Meßgerät mechanisch und/oder elektrisch gekoppelt sein.

**[0059]** Der wenigstens eine Neigungssensor kann ferner so angeordnet und zum Durchfließaufnehmer ausgerichtet sein, daß er ausschließlich oder zumindest überwiegend die Neigung genau einer Trägheitshauptachse erfaßt bzw. auf eine entsprechende Änderung dieser Neigung reagiert. Darüberhinaus ist der wenigstens eine Neigungssensor gemäß einer Weiterbildung der Erfindung so ausgebildet und so im In-Line-Meßgerät, insb. im Durchfließaufnehmer selbst, angeordnet, daß er eine Neigung einer gedachten Bezugsebene des Meßaufnehmers gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugssachse erfassen kann. Bezugsebene kann beispielsweise jene gedachte Schnittebene sein, die zwischen einer ersten Trägheitshauptachse des

Meßaufnehmers und einer zweiten Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers imaginär aufgespannt ist. Dementsprechend ist nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung der Neigungssensor so ausgebildet, daß er zumindest zeitweise ein erstes Inklinationsmeßsignal liefert, das eine Neigung der ersten Trägheitshauptachse gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse repräsentiert, und daß er zeitweise ein zweites Inklinationsmeßsignal liefert, das eine Neigung der zweiten Trägheitshauptachse gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse repräsentiert. Insbesondere für den vorbeschriebenen Fall, daß die Neigungen zweier Trägheitshauptachsen des Durchflusaufnehmers kontrolliert werden sollen, ist nach einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß das Meßsystem wenigstens zwei Neigungssensoren zum Erfassen jeweils der Neigung einer der beiden Trägheitshauptachsen gegenüber jeweils der wenigstens einen gedachten Bezugsachse aufweist.

**[0060]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist die zu ermittelnde Inklinations des Durchflusaufnehmers durch die Neigung der zur Strömungsachse im wesentlichen parallelen Trägheitshauptachse des Durchflusaufnehmers zur Bezugsachse, beispielsweise die lokal in Richtung der Erbeschleunigung weisende gedachte Falllinie, definiert. Dementsprechend ist der Neigungssensor so ausgebildet und im Meßsystem angeordnet, daß das Inklinationsmeßsignal mit dieser definierten Neigung entsprechend korrespondiert. Alternativ oder in Ergänzung dazu ist die zu ermittelnde Inklinations des Durchflusaufnehmers gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung durch die Neigung einer zur Strömungsachse im wesentlichen senkrechten Trägheitshauptachse des Durchflusaufnehmers relativ zur vorgenannten Bezugsachse definiert und liefert der Neigungssensor ein dementsprechendes Inklinationsmeßsignal.

**[0061]** Zur Verarbeitung des vom Neigungssensor gelieferten Meß- und/oder Schaltsignals ist dieser gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung mit der Meßgerät-Elektronik gekoppelt. Die Meßgerät-Elektronik kann mittels des vom Neigungssensor gelieferten Meß- und/oder Schaltsignals zumindest zeitweise eine Meldung generieren, die eine Abweichung der momentanen Inklinations des Durchflusaufnehmers von einem dafür vorgegebenen Referenzwert zumindest qualitativ signalisiert. Die Abweichung kann beispielsweise vorübergehend, z.B. während einer Einricht- und Justagephase beim Einbau des Durchflusaufnehmers in die Rohrleitung oder im Betrieb infolge einer temporären Lageänderung des Durchflusaufnehmers, oder auch dauerhaft sein, z.B. infolge einer Zerstörung der Rohrleitung. Zum visuellen Signalisieren der momentanen Inklinations des Meßaufnehmers und/oder der mit der momentanen Inklinations des Meßaufnehmers kor-

respondierenden Einbaulage des Durchflusaufnehmers ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung im Meßsystem ferner ein mit dem Neigungssensor gekoppeltes, insb. an die Meßgerät-Elektronik angeschlossenes, Anzeigeelement 70 vorgesehen. Das Signalisieren kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß symbolhaft mittels Richtungspfeilen und/oder Farbgebung Ausmaß und/oder Richtung der Abweichung angezeigt werden und somit dem Anwender bereits vor Ort eine Information darüber vermittelt wird, wie der Einbaufehler zu korrigieren ist. Alternativ oder in Ergänzung dazu kann das Signalisieren der Abweichung vor Ort auch in einer akustisch und/oder haptisch wahrnehmbaren Weise erfolgen, beispielsweise in Form einer einfachen Tonfolge mit einer vom Ausmaß der Inklinations abhängigen Ton- und/oder Taktfrequenz und/oder mittels eines Vibrationsalarms. Für den oben erwähnten Fall, daß im Durchflusaufnehmer eine elektro-mechanische Errgeranordnung vorgesehen ist, kann diese beispielsweise für Alarmgenerierung mit verwendet werden, indem diese beispielsweise mit außerhalb des üblichen Nutzmode-Frequenzbereichs liegenden Signalen so angesteuert wird, daß ein außerhalb des Nutzmodebereichs liegender, für die Signalisierung entsprechend geeigneter Schwingungsmodus des Durchflusaufnehmers, insb. dessen Aufnehmer-Gehäuse, angeregt ist.

**[0062]** Die Meßgerät-Elektronik kann zudem beispielsweise derart ausgebildet sein, daß unter Berücksichtigung der momentan gemessenen Inklinations des Meßaufnehmers dann eine entsprechende Meldung ausgegeben wird, wenn eine zulässige Abweichung der momentanen Inklinations vom dafür jeweils vorgegebenen Referenzwert ermittelt worden ist. Demgemäß signalisiert die von der Meßgerät-Elektronik generierte Meldung nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung zumindest zeitweise eine zulässige Abweichung der momentanen Inklinations vom dafür vorgegebenen Referenzwert, z.B. in Gestalt eines grünen Signallichts und/oder einer Klartextmeldung. Alternativ oder in Ergänzung dazu kann die Meßgerät-Elektronik auch derart ausgebildet sein, daß unter Berücksichtigung der momentan gemessenen Inklinations des Meßaufnehmers dann eine entsprechende Meldung ausgegeben wird, wenn eine unzulässige Abweichung der momentanen Inklinations vom dafür jeweils vorgegebenen Referenzwert ermittelt worden ist. Demgemäß signalisiert die von der Meßgerät-Elektronik unter Berücksichtigung der momentanen Inklinations des Meßaufnehmers generierte Meldung nach einer anderen Ausgestaltung der Erfindung zumindest zeitweise eine unzulässig hohe Abweichung der momentanen Inklinations vom dafür vorgegebenen Referenzwert oder zumindest das die momentane Einbaulage des Meßaufnehmers als für den Betrieb des In-Line-Meßgeräts ungeeignet anzusehen ist,

z.B. in Gestalt eines roten Signallichts und/oder einer Klartextmeldung.

**[0063]** Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß von der Meßgerät-Elektronik zumindest intern wiederkehrend ein Inklinationsmeßwert generiert wird, der die Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert zumindest zweiwertig, insb. mehrwertig, repräsentiert. Der Inklinationsmeßwert kann die Abweichung beispielsweise quantitativ in Winkelgraden oder auch qualitativ in Eignungsgraden ermittelt und gegebenenfalls als entsprechende Meldung ausgegeben werden.

**[0064]** Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, daß die Meßgerät-Elektronik den wenigstens einen Parametermeßwert unter Verwendung auch des momentanen Inklinationsmeßwerts generiert. Dies kann beispielsweise in der Weise erfolgen, daß das Erzeugen des wenigstens einen die Meßgröße quantitativ repräsentierenden Meßwerts dann erfolgt, wenn der Inklinationsmeßwert mit einer zulässigen Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert korrespondiert. In Ergänzung dazu kann die Meßgerät-Elektronik ferner so ausgebildet sein, daß Meßwert dann nicht generiert oder zumindest nicht ausgegeben werden, wenn der momentane Inklinationsmeßwert mit einer unzulässig hohen Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert korrespondiert. Nach einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß die Meßgerät-Elektronik den Inklinationsmeßwert zur Kompensation von mit der momentanen Inklination einhergehenden Meßfehlern und/oder zur Validierung des aktuellen Parametermeßwerts verwendet. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, die von dem In-Line-Meßgerät gelieferten Meßwerte allenfalls dann zu generieren oder zumindest nur dann als gültigen Meßwert auszugeben, wenn das wenigstens eine Inklinationsmeßsignal keine unzulässige Einbaulage signalisiert.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Inbetriebnehmen und/oder Überwachen eines In-Line-Meßgeräts (1), nämlich eines Coriolis-Massendurchfluß-/Dichte- und/oder Viskositätsmessers, eines magnetisch-induktiven Durchflußmessers, eines Vortex-Durchflußmeßgeräts oder eines Ultraschall-Durchflußmeßgeräts mit einem im Betrieb von einem zu messenden Medium durchströmten Meßaufnehmer (DA), welches Verfahren folgende Schritte umfaßt:

- Ermitteln einer momentanen Inklination des Meßaufnehmers (DA), die mit einer Neigung wenigstens einer Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA) gegenüber wenigstens einer gedachten Bezugsachse (G) korrespondiert;

- Erzeugen eines Inklinationsmeßwerts, der die Abweichung der momentanen Inklination von einem dafür vorgegebenen Referenzwert zumindest zweiwertig, insb. mehrwertig, repräsentiert;

- Strömenlassen von zu messendem Medium durch den Meßaufnehmer (DA);

- Erfassen wenigstens eines Parameters von im Meßaufnehmer (DA) befindlichem Medium;

- sowie Erzeugen wenigstens eines den Parameter quantitativ repräsentierenden Parametermeßwerts ( $X_M$ );

- wobei der Schritt des Erfassens des wenigstens einen Parameters weiters einen Schritt des Erzeugens wenigstens eines mit dem Parameter korrespondierenden Meßsignals umfaßt;

- wobei der Schritt des Erzeugens des wenigstens einen Parametermeßwerts ( $X_M$ ) weiters einen Schritt des Verwendens des mit dem Parameter korrespondierenden Meßsignals, sowie einen Schritt des Verwendens auch des momentanen Inklinationsmeßwerts, insb. zur Kompensation von mit der momentanen Inklination einhergehenden Meßfehlern und/oder zur Validierung des Parametermeßwerts ( $X_M$ ), umfaßt.

2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, weiters umfassend einen Schritt des Erzeugens einer, insb. visuell und/oder akustisch und/oder haptisch wahrnehmbaren, Meldung, die die Abweichung der momentanen Inklination von dem dafür vorgegebenen Referenzwert zumindest qualitativ signalisiert.

3. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei die Meldung zumindest zeitweise eine zulässige Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert signalisiert und/oder wobei die Meldung zeitweise eine unzulässig hohe Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert signalisiert.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Schritt des Ermitteln einer momentanen Inklination des Meßaufnehmers (DA) weiters einen Schritt des Messens der momentanen Inklination umfaßt.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, weiters umfassend einen Schritt des Erzeugens einer, insb. vor Ort visuell und/oder akustisch und/oder haptisch wahrnehmbaren, Meldung, die eine momentane Einbaulage des Meßaufnehmers (DA) als für den Betrieb des In-Line-Meßgeräts (1) ungeeignet signalisiert, unter Berücksichtigung der momentanen Inklination des Meßaufnehmers (DA).

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, weiters umfassend Schritte des sensorischen Erfassens der momentanen Inklination mittels eines auf eine Änderung der Inklination des Meßauf-

nehmers (DA) reagierenden, insb. im wesentlichen starr an den Meßaufnehmer (DA) gekoppelten, Neigungssensors (60) und des Erzeugens eines die momentane Inklination des Meßaufnehmers (DA) repräsentierenden Meßsignals.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Inklination des Meßaufnehmers (DA) mit einer Neigung einer gedachten, zwischen einer ersten Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA) und einer zweiten Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA) imaginär aufgespannten Bezugsebene des Meßaufnehmers (DA) gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse (G) korrespondiert.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Schritt des Erzeugens des wenigstens einen den Parameter quantitativ repräsentierenden Parametermesswerts ( $X_M$ ) dann erfolgt, wenn der Inklinationsmeßwert mit einer zulässigen Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert korrespondiert.

9. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Schritt des Erzeugens des wenigstens einen den Parameter quantitativ repräsentierenden Parametermesswerts ( $X_M$ ) dann nicht erfolgt, wenn der Inklinationsmeßwert mit einer unzulässig hohen Abweichung der momentanen Inklination vom dafür vorgegebenen Referenzwert korrespondiert.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Meßaufnehmer (DA) einen Einlaß für einströmendes Medium und einen Auslaß für ausströmendes Medium aufweist.

11. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Meßaufnehmer (DA) eine gedachte, Einlaß und Auslaß imaginär verbindende Strömungsachse aufweist.

12. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei die die Inklination des Meßaufnehmers (DA) zumindest anteilig definierende Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA) im wesentlichen parallel zur Strömungsachse verläuft.

13. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei die die Inklination des Meßaufnehmers (DA) zumindest anteilig definierende Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA) koinzident mit der Strömungsachse ist.

14. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die die Inklination des Meßaufnehmers (DA) zumindest anteilig definierende Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA) im wesentlichen senkrecht zur Strömungsachse verläuft.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei als Bezugsachse (G) eine in Richtung der Erbeschleunigung weisende gedachte Fallline gewählt ist.

16. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Meßaufnehmer (DA) wenigstens ein Meßrohr (10) zum Führen von zu messendem Medium umfaßt.

17. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei das wenigstens eine Meßrohr (10) zumindest abschnittsweise im wesentlichen gerade ist und/oder wobei das wenigstens eine Meßrohr (10) zumindest abschnittsweise gekrümmt ist.

18. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei das wenigstens eine Meßrohr (10) zumindest abschnittsweise im wesentlichen U- oder V-förmig ausgebildet ist.

19. Meßsystem, umfassend:

- einen im Betrieb von einem zu messenden Medium durchströmten Durchflußmeßaufnehmer (DA), nämlich einen Meßaufnehmer (DA) vom Vibrationstyp, insb. vom Biegeschwingungstyp mit ausschließlich oder zumindest anteilig in einem Biegeschwingungsmodus vibrierendem, gebogenem oder geradem Meßrohr, einen magnetisch-induktiven Meßaufnehmer, einen Vortex-Durchflußaufnehmer oder einen Ultraschall-Meßaufnehmer,
- wenigstens einen Neigungssensor (60) zum Erfassen und/oder Überwachen einer momentanen Inklination des Meßaufnehmers (DA), die mit einer Neigung wenigstens einer Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA), gegenüber wenigstens einer gedachten Bezugsachse (G) korrespondiert
- sowie eine elektrisch mit dem Meßaufnehmer (DA) und mit dem wenigstens einen Neigungssensor (60) gekoppelte Meßgerät-Elektronik (E1) ;
- wobei der Meßaufnehmer (DA) im Betrieb wenigstens einen Parameter des Mediums erfaßt und wenigstens ein mit dem Parameter korrespondierendes Meßsignal liefert,
- wobei die Meßgerät-Elektronik (E1) im Betrieb mittels des wenigstens einen Meßsignals wenigstens einen den Parameter quantitativ repräsentierenden Parametermesswert ( $X_M$ ) generiert
- und wobei die Meßgerät-Elektronik den wenigstens einen Parametermesswert ( $X_M$ ) unter Verwendung auch des momentanen Inklinationsmeßwerts generiert.

20. Meßsystem nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Neigungssensor (60) zumindest zeitweise ein die momentane Inklination des Meßaufnehmers (DA) zumindest anteilig repräsentierendes Meßsignal liefert und/oder wobei der Neigungssensor (60) zumindest zeitweise ein Schaltsignal liefert, das eine unzulässig hohe Abweichung der momentanen

Inklination von einem dafür vorgegebenen Referenzwert signalisiert.

21. Meßsystem nach Anspruch 20, wobei die Meßgerät-Elektronik (E1) mittels des vom Neigungssensor (60) gelieferten Meßsignals und/oder mittels des vom Neigungssensor (60) gelieferten Schaltsignals zeitweise eine Meldung generiert, die eine Abweichung der momentanen Inklination von einem dafür vorgegebenen Referenzwert zumindest qualitativ signalisiert.

22. Meßsystem nach einem der Ansprüche 19 bis 21, weiters umfassend ein mit dem Neigungssensor (60) gekoppeltes, insb. an die Meßgerät-Elektronik (E1) angeschlossenes, Anzeigeelement (70) zum Signalisieren einer mit der momentanen Inklination des Meßaufnehmers (DA) korrespondierenden Einbaulage des Meßaufnehmers (DA).

23. Meßsystem nach einem der Ansprüche 19 bis 22, weiters umfassend: ein Elektronik-Gehäuse (200) für die Meßgerät-Elektronik (E1).

24. Meßsystem nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Meßaufnehmer (DA) wenigstens ein Meßrohr (10) zum Führen des zu messenden Mediums umfaßt.

25. Meßsystem nach dem vorherigen Anspruch, wobei das wenigstens eine Meßrohr (10) zumindest abschnittsweise im wesentlichen gerade ist und/oder wobei das wenigstens eine Meßrohr (10) zumindest abschnittsweise gekrümmt ist.

26. Meßsystem nach dem vorherigen Anspruch, wobei das wenigstens eine Meßrohr (10) zumindest abschnittsweise im wesentlichen U- oder V-förmig ausgebildet ist.

27. Meßsystem nach einem der Ansprüche 24 bis 26, weiters umfassend: ein das wenigstens eine Meßrohr (10) umgebendes und/oder einhüllendes Aufnehmer-Gehäuse (100).

28. Meßsystem nach Anspruch 27 in Verbindung mit einem der Ansprüche 23 bis 26, wobei das Elektronik-Gehäuse (200) mit dem Aufnehmer-Gehäuse (100) mechanisch, insb. im wesentlichen starr, gekoppelt ist.

29. Meßsystem nach dem vorherigen Anspruch, wobei das Aufnehmer-Gehäuse (100) einen, insb. halsförmigen, Anschlußstutzen (101) zum Haltern des Elektronik-Gehäuses (200) aufweist.

30. Meßsystem nach Anspruch 27 bis 29, wobei der wenigstens eine Neigungssensor (60) mit dem Aufnehmer-Gehäuse (100) mechanisch, insb. im

wesentlichen starr und/oder dauerhaft, verbunden ist.

31. Meßsystem nach einem der Ansprüche 27 bis 30, wobei der wenigstens eine Neigungssensor (60) innerhalb des Aufnehmer-Gehäuses (100) platziert ist.

32. Meßsystem nach einem der Ansprüche 19 bis 31, wobei der Neigungssensor (60) geeignet ist, eine Neigung einer gedachten Bezugsebene des Meßaufnehmers (DA) gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse (G) zu erfassen.

33. Meßsystem nach dem vorherigen Anspruch, wobei die Bezugsebene zwischen einer ersten Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA) und einer zweiten Trägheitshauptachse des Meßaufnehmers (DA) imaginär aufgespannt ist.

34. Meßsystem nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Neigungssensor (60) zumindest zeitweise ein erstes Meßsignal liefert, das eine Neigung der ersten Trägheitshauptachse gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse (G) repräsentiert, und wobei der Neigungssensor (60) zumindest zeitweise ein zweites Meßsignal liefert, das eine Neigung der zweiten Trägheitshauptachse gegenüber der wenigstens einen gedachten Bezugsachse (G) repräsentiert.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

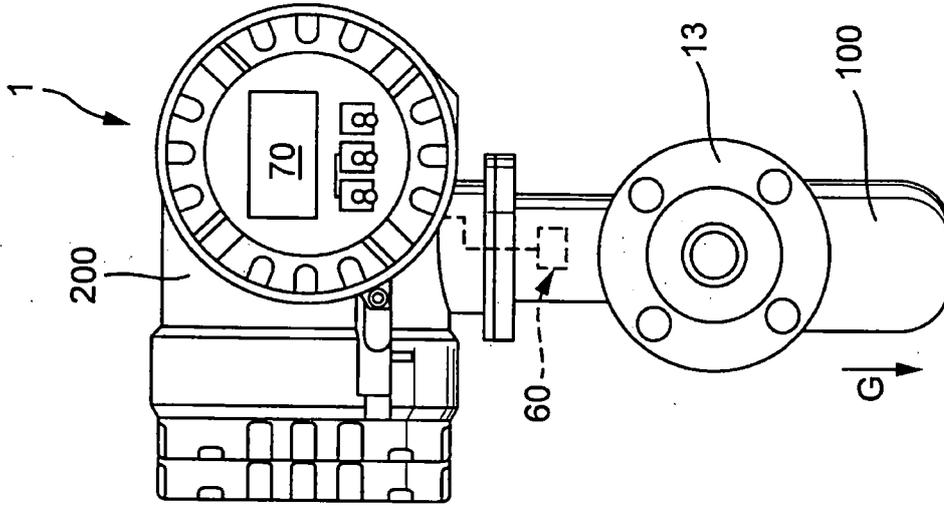


Fig. 1b

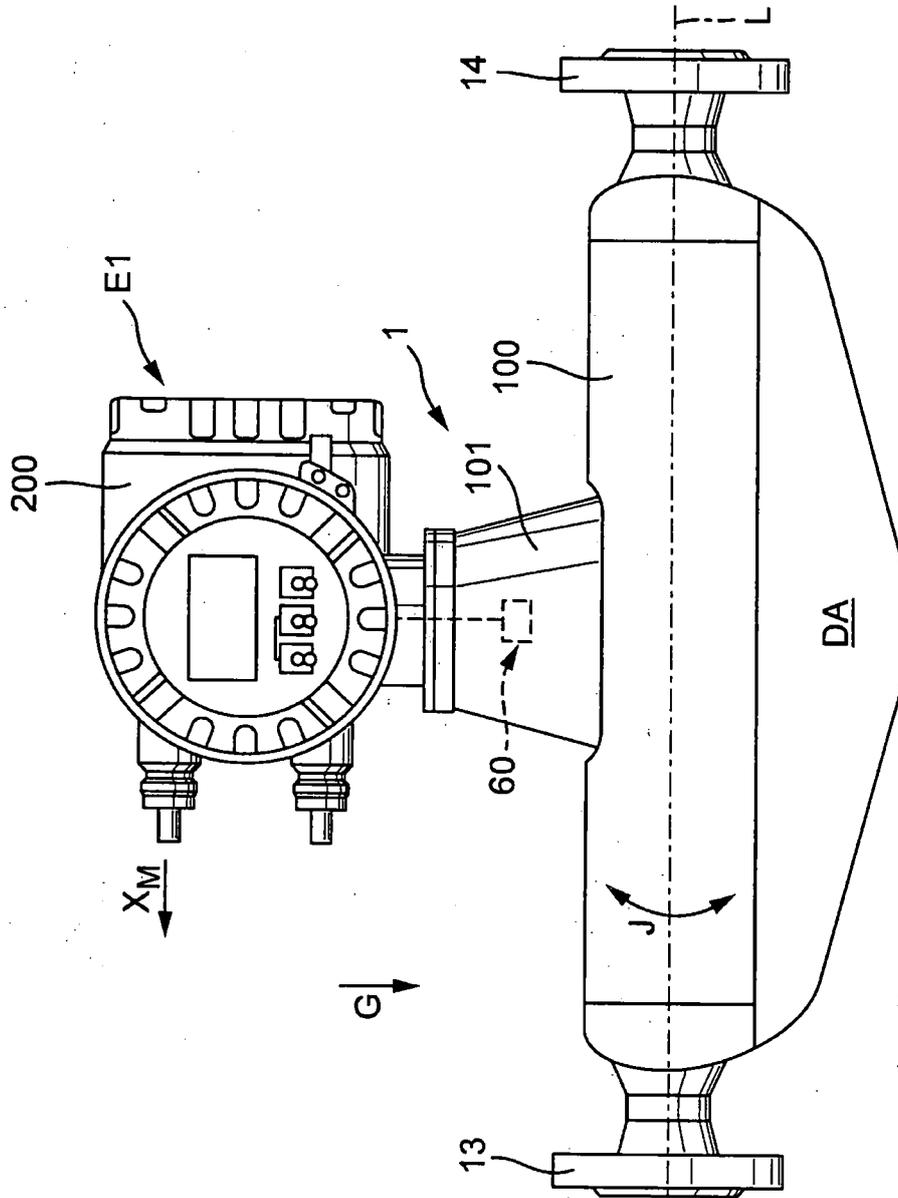


Fig. 1a

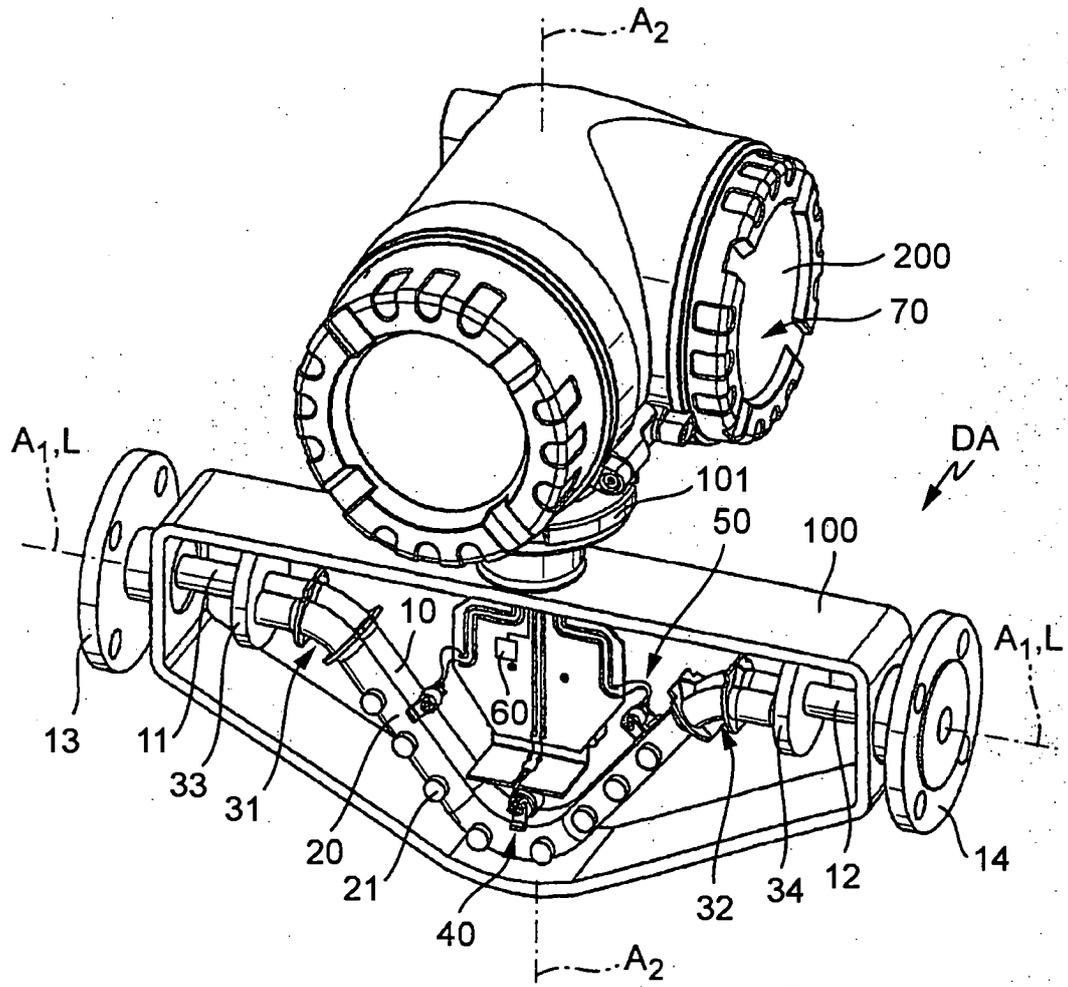


Fig. 2

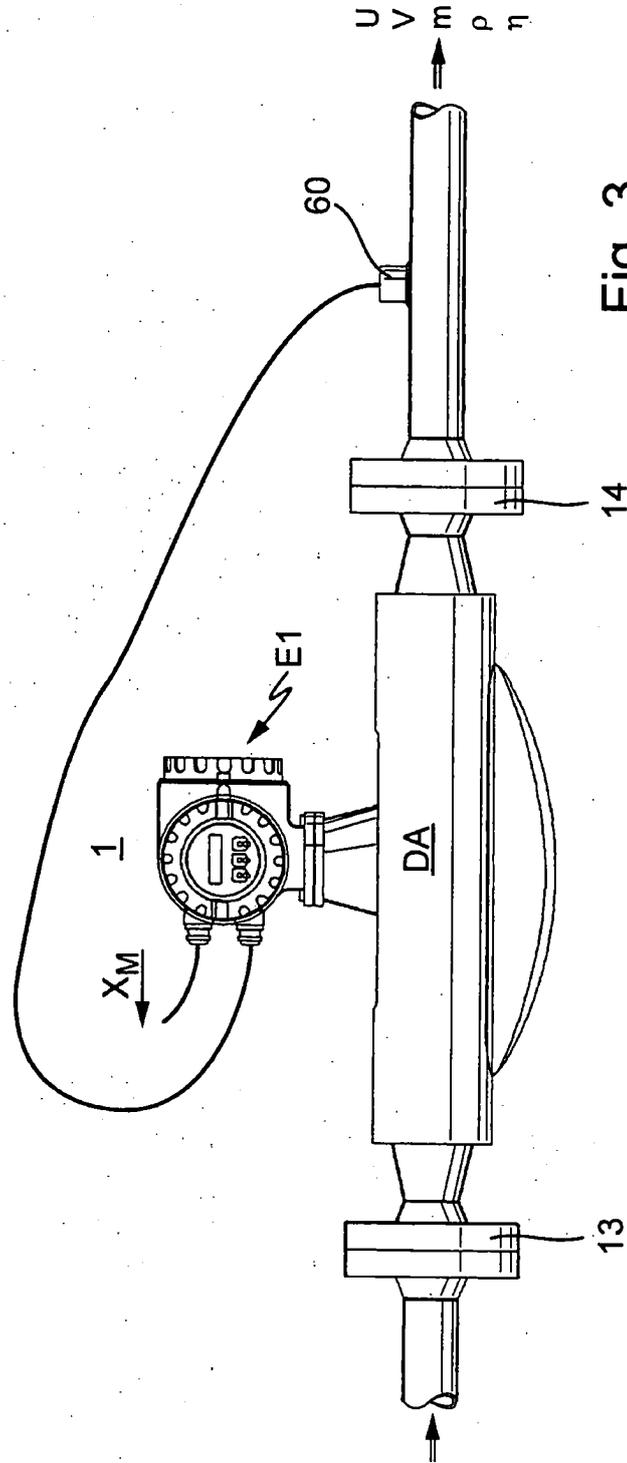


Fig. 3