



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2007 062 397 A1 2009.06.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2007 062 397.8

(22) Anmeldetag: 20.12.2007

(43) Offenlegungstag: 25.06.2009

(51) Int Cl.⁸: **G01F 1/84** (2006.01)
G01F 1/80 (2006.01)

(71) Anmelder:

Endress + Hauser Flowtec AG, Reinach, CH

(74) Vertreter:

Andres, A., Pat.-Anw., 79576 Weil am Rhein

(72) Erfinder:

Bitto, Ennio, Aesch, CH; Rieder, Alfred, Dr., 84032 Landshut, DE; Schütze, Christian, Basel, CH; Fuchs, Michael, 79427 Eschbach, DE; Drahm, Wolfgang, Dr., 85435 Erding, DE; Wiesmann, Michael, Dr., 85356 Freising, DE

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

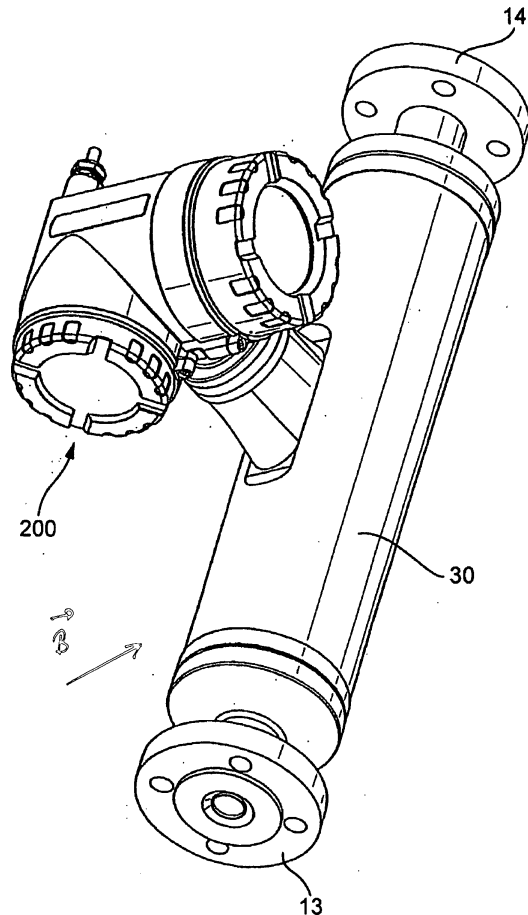
US	64 87 917	B1
WO	01/27 565	A1
US	59 79 246	A
EP	09 85 913	A1
DE	10 2005 054855	A1
DE	10 2004 030392	A
DE	102 35 322	A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

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

(54) Bezeichnung: **Meßwandler vom Vibrationstyp**

(57) Zusammenfassung: Der Messwandler umfasst ein zumindest zeitweise vibrierendes Messrohr zum Führen von zu messendem Medium, einen Gegenschwinger, der unter Bildung einer ersten Kopplungszone einlassseitig am Messrohr fixiert ist und der unter Bildung einer zweiten Kopplungszone auslassseitig am Messrohr fixiert ist, wenigstens einen Schwingungserreger zum Antreiben zumindest des Messrohrs sowie wenigstens einen Schwingungssensor zum Erfassen von Schwingungen zumindest des Messrohrs. Im Betrieb führt das Messrohr zumindest zeitweise und/oder zumindest anteilig Biegeschwingungen um eine gedachte Biegeschwingungsachse aus, die die beiden Kopplungszonen imaginär miteinander verbindet. Der Schwingungssensor weist eine, insbesondere am Gegenschwinger fixierte, Spule sowie einen mit dieser magnetisch gekoppelten Dauermagneten auf, der innerhalb eines zumindest anteilig aus magnetisch leitfähigem Material bestehenden Magnetbechers platziert und daselbst an einem, insbesondere am Messrohr befestigten, Becherboden gehalten ist. Zudem ist beim erfindungsgemäßen Messwandler vorgesehen, dass eine, insbesondere im Wesentlichen kreiszylindrisch und/oder rohrförmig ausgebildete, sich vom Becherboden aus, insbesondere im Wesentlichen in Richtung des Gegenschwingers, erstreckende Becherwand des Magnetbechers wenigstens einen, insbesondere sich zumindest abschnittsweise in Richtung von Schwingungen des Messrohrs relativ zum Gegenschwinger erstreckenden, Schlitz aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen, insb. für eine Verwendung in einem Coriolis-Massedurchflußmesser geeigneten, Meßwandler vom Vibrationstyp mit wenigstens einem zumindest zeitweise vibrierenden Meßrohr zum Führen von zu messendem Medium, einem Gegenschwinger, der unter Bildung einer ersten Kopplungszone einlaßseitig am Meßrohr fixiert ist und der unter Bildung einer zweiten Kopplungszone auslaßseitig am Meßrohr fixiert ist, eine Erregeranordnung zum Antreiben zumindest des Meßrohrs sowie eine Sensoranordnung zum Erfassen von Schwingungen zumindest des Meßrohrs.

[0002] In der industriellen Meßtechnik werden, insb. im Zusammenhang mit der Regelung und Überwachung von automatisierten verfahrenstechnischen Prozessen, zur Ermittlung von charakteristischen Prozeßparametern, beispielsweise eines Massedurchflusses, einer Dichte, einer Viskosität etc., von in einer Rohrleitung strömenden Medien, beispielsweise von Flüssigkeiten und/oder Gasen, werden oftmals, insb. als Coriolis-Massedurchflußmesser ausgebildete, In-Line-Meßgeräte verwendet, die mittels eines Meßwandlers vom Vibrationstyp und einer daran angeschlossener Betriebs- und Auswerteelektronik, im strömenden Medium Kräfte, beispielsweise Corioliskräfte, induzieren und von diesen abgeleitet ein den wenigstens einen Parameter entsprechend repräsentierendes Meßsignal erzeugen. Derartige In-Line-Meßgeräte mit einem Meßwandler vom Vibrationstyp sind seit langem bekannt und haben sich gleichermaßen im industriellen Einsatz etabliert. Beispiele für solche Meßwandler, insb. auch deren Verwendung in Coriolis-Massedurchflußmessern, sind z. B. in der EP-A 317 340, US-A 47 38 144, der US-A 47 77 833, der US-A 48 23 614, der US-A 52 91 792, der US-A 53 98 554, der US-A 54 76 013, der US-A 56 02 345, der US-A 56 91 485, US-A 57 96 010, der US-A 57 96 012, der US-A 59 45 609, der US-A 59 79 246, der US-B 63 30 832, der US-B 63 97 685, der US-B 66 91 583, der US-B 68 40 109, der US-B 68 83 387, der US-B 70 77 014, US-B 70 17 424, der US-B 72 99 699, der US-A 2007/0186685, der US-A 2007/0151371, der US-A 2007/0151370, der US-A 2007/0119265, der US-A 2007/0119264, der WO-A 99 40 394, der WO-A 01 02 816 oder der WO-A 00 14 485 beschrieben. Jeder der darin gezeigten Meßwandler umfaßt wenigstens ein im wesentlichen gerades oder wenigstens ein gekrümmtes, im Betrieb vibrierendes Meßrohr zum Führen des Mediums, welches Meßrohr über ein einlaßseitig einmündendes Einlaßrohrstück und über ein auslaßseitig einmündendes Auslaßrohrstück mit der Rohrleitung kommuniziert.

[0003] Ferner umfaßt jeder der gezeigten Meßwandler jeweils wenigstens einen einstückigen oder mehrteilig ausgeführten, beispielsweise rohr-, kas-

ten- oder plattenförmigen, Gegenschwinger, der unter Bildung einer ersten Kopplungszone einlaßseitig an das Meßrohr gekoppelt ist und der unter Bildung einer zweiten Kopplungszone auslaßseitig an das Meßrohr gekoppelt ist und der im Betrieb zumindest anteilige ebenfalls vibrieren gelassen wird. Bei den beispielsweise in der US-A 52 91 792, der US-A 57 96 010, der US-A 59 45 609, der US-B 70 77 014, der US-A 2007/0119264, der WO-A 01 02 816 oder auch der WO-A 99 40 394 gezeigten Meßwandler mit einem einzigen, im wesentlichen geraden Meßrohr sind letzteres und der Gegenschwinger, wie bei herkömmlichen, industrietauglichen Meßwandlern durchaus üblich, zueinander im wesentlichen koaxial ausgerichtet. Darüberhinaus ist bei marktgängigen Meßwandlern der vorgenannten Art auch der Gegenschwinger zumeist im wesentlichen rohrförmig und im wesentlichen gerade ausgebildet und zudem derart im Meßwandler angeordnet, daß das Meßrohr zumindest teilweise vom Gegenschwinger ummantelt ist und Meßrohr und Gegenschwinger im wesentlichen koaxial ausgerichtet sind. Als Materialien für solche Gegenschwinger kommen u. a. vergleichsweise kostengünstige Stahlsorten, wie etwa Baustahl oder Automatenstahl, zum Einsatz

[0004] Meßwandler der in Rede stehenden Art umfassen des weiteren eine Erregeranordnung, die das Meßrohr im Betrieb, angesteuert von einem entsprechend konditionierten elektrischen Treibersignal, mittels wenigstens eines darauf einwirkenden elektro-mechanischen, insb. elektro-dynamischen, Schwingungserregers zu Biegeschwingungen üblicherweise möglichst überwiegend oder ausschließlich in einer einzigen gedachten – im weiteren als Primär-Schwingungsebene bezeichneten – Rohrschwingungsebene anregt, die die beiden Kopplungszonen imaginär schneidet. Desweiteren weisen derartige Meßwandler eine Sensoranordnung mit, insb. elektrodynamischen, Schwingungssensoren zum zumindest punktuellen Erfassen einlaßseitiger und auslaßseitiger Schwingungen des Meßrohrs und zum Erzeugen von vom Massedurchfluß beeinflussten elektrischen Sensorsignalen auf.

[0005] Die Erregeranordnung weist wenigstens einen elektrodynamischen und/oder differentiell auf Meßrohr und Gegenschwinger einwirkenden, Schwingungserreger auf, während die Sensoranordnung einen einlaßseitigen, zumeist ebenfalls elektrodynamischen, Schwingungssensor sowie einen dazu im wesentlichen baugleichen auslaßseitigen Schwingungssensor umfaßt. Bei marktgängigen Meßwandlern mit einem Meßrohr und einem daran gekoppelten Gegenschwinger ist der Schwingungserreger üblicherweise mittels einer zumindest zeitweise von einem Strom durchflossene und zumindest zeitweise von einem Magnetfeld durchsetzte Spule sowie einen mit der wenigstens eine Spule wechselwirkenden, insb. in diese eintauchenden, als Anker dienen-

den eher länglichen, insb. stabförmig ausgebildeten, Dauermagneten gebildet, der entsprechend am Meßrohr fixiert ist. Dauermagnet und Spule sind dabei üblicherweise so ausgerichtet, daß sie zueinander im wesentlichen koaxial verlaufen.

[0006] Zudem ist bei herkömmlichen Meßwandlern die Erregeranordnung üblicherweise derart ausgebildet und im Meßwandler plazierte, daß sie im wesentlichen mittig an das Meßrohr angreift. Zumeist ist der wenigstens eine Schwingungserreger und insoweit die Erregeranordnung dabei, wie beispielsweise auch bei den in der US-A 57 96 010, der US-B 68 40 109, der US-B 70 77 014 oder der US-B 70 17 424 vorgeschlagenen Meßwandlern gezeigt, zumindest punktuell entlang einer gedachten mittigen Umfangsline des Meßrohrs außen an diesem fixiert. Alternativ zu einer mittels eher zentral auf das Meßrohr wirkenden Schwingungserregern gebildeten Erregeranordnung können, wie u. a. in der US-A 48 23 614 vorgeschlagen, beispielsweise auch mittels zweier nicht im Zentrum des Meßrohres, sondern eher ein- bzw. auslaßseitig an diesem fixierten Schwingungserreger gebildete Erregeranordnung verwendet werden.

[0007] Bei den meisten Meßwandlern der beschriebenen Art sind die Schwingungssensoren der Sensoranordnung, wie bereits angedeutet, zumindest insoweit im wesentlichen baugleich ausgebildet wie der wenigstens eine Schwingungserreger, als sie nach dem gleichen Prinzip aufgebaut sind. Dementsprechend sind auch die Schwingungssensoren einer solchen Sensoranordnung zumeist jeweils mittels wenigstens einer – üblicherweise am Gegenschwinger fixierten –, zumindest zeitweise von einem veränderlichen Magnetfeld durchsetzte und damit einhergehend zumindest zeitweise mit einer induzierten Meßspannung beaufschlagten sowie einem am Meßrohr fixierten, mit der wenigstens eine Spule zusammenwirkenden dauermagnetischen Anker gebildet, der das Magnetfeld liefert. Jede der vorgenannten Spulen ist zudem mittels wenigstens eines Paares elektrischer Anschlußleitungen mit der erwähnten Betriebs- und Auswerteelektronik des In-Line-Meßgeräts verbunden, die zumeist auf möglichst kurzem Wege von den Spulen über den Gegenschwinger hin zum Wandlergehäuse geführt sind.

[0008] Zur Homogenisierung des Spule und Dauermagneten durchflutenden Magnetfelds sowie Vermeidung von störenden Streufeldern ist bei Schwingungssensoren der vorgenannten Art wie auch die meisten Schwingungserreger der Dauermagnet innerhalb eines zumindest anteilig aus magnetisch leitfähigem Material bestehenden Magnetbecher plazierte und daselbst an einem üblicherweise direkt am Meßrohr befestigten Becherboden gehalten, von dem ausgehend sich eine im wesentlichen rohrförmige, insb. kreiszylindrisch, ausgebildete Becherwand des Magnetbeckers in Richtung der relativen

Schwingungen von Meßrohr und Gegenschwingers erstreckt. Üblicherweise ist der Dauermagnet im wesentlichen in einem Zentrum des Becherbodens angeordnete und zumeist so an diesem fixiert, daß Dauermagnet und Becherwand zueinander im wesentlichen koaxial verlaufend ausgerichtet sind.

[0009] Neben den für das Erfassen von Vibrationen des Meßrohrs vorgesehenen Schwingungssensoren kann der Meßwandler, wie u. a. auch in der EP-A 831 306, der US-A 57 36 653, der US-A 53 81 697 oder der WO-A 01/02 816 vorgeschlagen, noch weitere, insb. dem Erfassen eher sekundärer Meßgrößen, wie z. B. Temperatur, Beschleunigung, Dehnung, Spannung etc., dienende am jedenfalls mittels Meßrohr, Gegenschwinger sowie die daran jeweils angebrachten Erreger- und Sensoranordnung gebildeten Innenteil oder aber auch in dessen Nähe angeordnete Sensoren aufweisen.

[0010] Schließlich weist jeder der in der US-A 52 91 792, der US-A 59 45 609, der US-B 70 77 014, der US-A 2007/0119264, der WO-A 01 02 816 oder auch der WO-A 99 40 394 gezeigten Meßwandler ein, insb. direkt am Einlaßrohrstück und am Auslaßrohrstück fixiertes, das Meßrohr mit daran gekoppeltem Gegenschwinger sowie die vorgesehene Erreger- und Sensoranordnung umhüllendes zusätzliches Wandlergehäuse auf, während beispielsweise bei dem in der US-A 48 23 614 gezeigten Meßwandler das Wandlergehäuse quasi durch den Gegenschwinger selbst gebildet ist oder, anders gesagt, Wandlergehäuse und Gegenschwinger ein und dieselbe Baueinheit sind.

[0011] Ein Vorteil von Meßwandlern mit geradem Meßrohr besteht im Vergleich zu solchen mit gebogenem Meßrohr z. B. darin, daß die sich die Meßrohr in nahezu jeder beliebigen Einbaulage, insb. auch nach einer in-line durchgeführten Reinigung, mit hoher Sicherheit rückstandsfrei selbst entleeren. Ferner sind solche Meßrohre im Vergleich z. B. zu einem gebogenen Meßrohr wesentlich einfacher und dementsprechend kostengünstiger herzustellen und verursachen im Betrieb zumeist einen geringeren Druckverlust.

[0012] Ein gerades Meßrohr bewirkt bekanntlich im hindurchströmenden Medium Corioliskräfte, wenn selbiges Meßrohr zu Biegeschwingungen in der Primär-Schwingungsebene gemäß einer ersten Eigenschwingungsform – dem sogenannten Antriebs- oder auch Nutz-Mode – angeregt ist. Bei herkömmlichen Meßaufnehmern der vorgenannten Art, beispielsweise auch solchen wie in der US-A 52 91 792, der US-B 68 40 109, der US-B 70 77 014 oder der US-B 70 17 424 vorgeschlagen, bei denen das Meßrohr im Nutzmode vornehmlich in der gedachten Primär-Schwingungsebene oszillieren gelassen wird, führen diese Corioliskräfte wiederum dazu, daß selbigen Biege-Schwingungen im Nutzmode koplanare – also

ebenfalls in der Primär-Schwingungsebene vollführte – Biegeschwingungen gemäß einer zweiten Eigenschwingungsform von zumeist höherer Ordnung, jedenfalls aber anderen Symmetrieeigenschaften – dem sogenannten Coriolis- oder auch Meßmode-überlagert werden. Infolge der Biege-Schwingungen im Coriolis-Mode weisen die mittels der Sensornordnung einlaßseitig und auslaßseitig erfaßten Schwingungen eine auch vom Massedurchfluß abhängige, meßbare Phasendifferenz auf.

[0013] Üblicherweise werden die Meßrohre derartiger Meßwandler, insb. solcher, die in Coriolis-Massedurchflußmessern eingesetzt sind, im Nutzmode auf einer momentanen Resonanzfrequenz der ersten Eigenschwingungsform, insb. bei konstant geregelter Schwingungsamplitude, angeregt. Da diese Resonanzfrequenz im besonderen auch von der momentanen Dichte des Mediums abhängig ist, kann mittels marktüblicher Coriolis-Massedurchflußmesser neben dem Massedurchfluß zumindest auch die Dichte von strömenden Medien direkt gemessen werden.

[0014] Neben der oben erwähnten, mehr oder minder ausgeprägten Dichteabhängigkeit kann ein besonderes Problem vorbeschriebener Meßwandler mit geradem Meßrohr wie beispielsweise auch in der US-A 52 91 792, US-B 70 77 014 oder der eigenen nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 102007050686.6 diskutiert, allerdings auch darin bestehen, daß sie nicht nur die oben genannten natürlichen Schwingungsmoden aufweisen, in dem das Meßrohr Biegeschwingungen in der erwähnten Primär-Schwingungsebene ausführt, sondern auch solche natürlichen Schwingungsmoden, in denen das Meßrohr Biegeschwingungen in einer weiteren gedachten, zur Primär-Schwingungsebene im wesentlichen orthogonalen gleichwohl die beiden Kopplungszonen imaginär schneidende Sekundär-Schwingungsebene ausführen kann, und daß jene Schwingungsmoden in der Sekundär-Schwingungsebene ohne das Ergreifen besonderer Maßnahmen naturgemäß in etwa dieselbe Resonanzfrequenz aufweisen, wie der jeweils korrespondierende Schwingungsmoden in der Primär-Schwingungsebene. Anders gesagt, können bei Meßwandlern der in Rede stehenden Art mit geradem Meßrohr allfällige Meßungenauigkeiten, insb. basierend auf im Betrieb unvorhersehbaren Änderungen des Nullpunkts, daraus resultieren, daß zusätzlich zum erwünscht angeregten Nutzmode in der Primär-Schwingungsebene unerwünschte und insoweit störende Schwingungen in der Sekundär-Schwingungsebene auftreten, die sehr dicht an den Schwingfrequenzen des Nutzmodus liegen. Gleichermäßen wie dem Nutzmode in der Primär-Schwingungsebene würden dann auch dem in unerwünschter Weise angeregten gleichfrequenten Schwingungsmoden in der Sekundär-Schwingungsebene dazu koplanare, durch entsprechende Corioliskräfte bedingte zusätzliche Schwingungsmoden in-

duziert. Ursache für solche Störungen können beispielsweise Vibrationen in der angeschlossenen Rohrleitung oder auch vom strömenden Medium ausgehendes, zumeist breitbandiges Rauschen sein. Infolge von in praxi nahezu unvermeidlichen Querempfindlichkeiten der Schwingungssensoren auf Schwingungen in der Sekundär-Schwingungsebene führt dies dazu, daß die unter solchen Umständen gelieferten Sensorsignale anteilig sowohl Schwingungen des Meßrohrs in der Primär-Schwingungsebene als auch korrespondierende Schwingungen des Meßrohrs Sekundär-Schwingungsebene in einem für die Meßgenauigkeit signifikantem Maße reflektieren, eine Zuordnung der entsprechenden Signalanteile auf die Primär- bzw. Sekundär-Schwingungsebene wegen der im wesentlichen gleichen Frequenzen korrespondierender Schwingungen praktisch nicht möglich ist. Darüberhinaus ist bei hinreichend starker mechanischer Kopplung von Schwingungsmoden beider Schwingungsebenen auch ein Transfer von Schwingungsenergie – spontan oder periodisch – von der Primär- in die Sekundär-Schwingungsebene bzw. auch umgekehrt von der Sekundär- in die Primär-Schwingungsebene möglich.

[0015] Infolgedessen können die Sensorsignale beispielsweise eine für deren Signalverarbeitung wie auch für die auf den Sensorsignalen basierende Schwingungsregelung durchaus schädliche charakteristische Schwebung aufweisen. Desweiteren können Schwingungsbewegungen in der Sekundär-Schwingungsebene, seien sie nun durch äußere Störungen direkt oder über den vorgenannten Energietransfer von der Primär- in die Sekundär-Schwingungsebene indirekt angeregt, dazu führen, daß die Sensorsignale zeitweise überhöhte Signalpegel aufweisen können, mit der Folge, daß die Sensorsignale empfangende und verarbeitende Eingangsverstärker entsprechend aufwendig dimensioniert sein müssen und somit vergleichsweise teuer sind.

[0016] Zur Unterdrückung solcher in der Sekundär-Schwingungsebene vollführten, insgesamt sehr schädlichen Schwingungen ist es üblich, eine für diese Schwingungen effektive Steifigkeit des Meßrohrs gegenüber einer für Schwingungen in der Primär-Schwingungsebene effektive Steifigkeit des Meßrohrs bei im wesentlichen gleichbleibenden effektiven Massen zu erhöhen und somit Resonanzfrequenzen von miteinander korrespondierenden Schwingungsmoden der Primär- bzw. Sekundär-Schwingungsebene wirksam voneinander zu separieren. Typischerweise werden hierbei Frequenzabstände von mehr als 30 Hz angestrebt. In der US-A 56 02 345 wird hierfür beispielsweise die Verwendung von ein- und auslaßseitig in unmittelbarer Nähe zu den jeweiligen Kopplungszonen am jeweiligen Meßrohr zusätzlich angebrachte, als flache Stege ausgebildete Federelemente vorgeschlagen. Als eine weitere Möglichkeit zur Separierung von

Schwingungsmoden in der Primär-Schwingungsebene von korrespondierenden Schwingungsmoden in der Sekundär-Schwingungsebene ist ferner in der US-A 52 91 792 gezeigt. Bei dem dort vorgeschlagenen Meßwandler ist die für Schwingungen in der Sekundär-Schwingungsebene effektive Steifigkeit des Meßrohrs dadurch erhöht, daß das Meßrohr in seinem Zentrum mit einem entsprechend wirkenden als sich im wesentlichen in radialer Richtung zu Meßrohr und Gegenschwinger erstreckend im Meßwandler angeordnete, hier U-förmige, Versteifungsfeder ausgebildeten Federelement beaufschlagt ist, das die Steifigkeit Meßrohrs für den Coriolismode in der Primär-Schwingungsebene nicht nennenswert beeinflusst. Dadurch kann erreicht werden, daß sich die Schwingfrequenz der Schwingungen im Nutzmode hinreichend stark von der Frequenz ungewollter, also störender Schwingungen abhebt und somit der Einfluß solcher störender Schwingungen weitgehend unterdrückt wird. Alternativ hierzu ist in der erwähnten deutschen Patentanmeldung 102007050686.6 vorgeschlagen worden, einlaß- und auslaßseitig in der Nähe der Kopplungszonen plazierte "dezentrale" Federelemente zur Frequenztrennung zu verwenden.

[0017] Als eine weitere Ursache für solche, insb. auch den Nullpunkt beeinflussende, Störungen der Schwingungsmeßsignale – besonders auch bei zumindest unter Laborbedingungen hinsichtlich der Dichte perfekt ausbalancierten und lediglich in der Primär-Schwingungsebene schwingengelassenem Innenteil – konnten zudem, wie auch in den eigenen nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldungen 102006062220.0, 102006062219.7 bzw. 102006062185.9 diskutiert, die Anschlußleitungen identifiziert werden. Dem Rechnung tragend ist in den vorgenannten Patentanmeldungen vorgeschlagen worden, diesen Störungen durch eine gezielt angepaßte Führung der Leitungen entlang des Innenteils bis hin zum Wandlergehäuse entgegen zu wirken.

[0018] Obzwar vorgenannte Maßnahmen – einzeln oder in Kombination – durchaus zu beträchtlichen Verbesserungen der Meßgenauigkeit von Meßwandlern der in Rede stehenden Art, insb. auch deren Nullpunktstabilität, geführt haben, ließen weitergehende, insb. auch unter Laborbedingungen und weitgehend frei von Störvibrationen durchgeführte, Untersuchungen – wenngleich geringfügige, so doch für die für solche Meßwandler angestrebte extrem hohe Meßgenauigkeit nicht unerhebliche – Schwankungen im Nullpunkt erkennen, die durch keines der oben genannten Phänomene erklärbar waren. Im besonderen mußte hierbei – trotz weitgehender Eliminierung oder Vermeidung der oben erwähnten Störungen – immer noch eine gewisse Abhängigkeit des Nullpunkts von der Einbausituation konstatiert werden, die selbst wiederum eine gewisse Ortsabhängigkeit

aufzeigt.

[0019] Andere, die Meßgenauigkeit, insb. die Stabilität des den Nullpunktes, von Meßwandlern der in Rede stehenden Art potentiell herabsetzende Störquellen wie etwa auch elektromagnetische Wechselfelder oder, wie u. a. in der US-B 72 99 699 diskutiert, Schwingungsreibungen, Materialermüdungen oder Entfestigungen von Bauteilverbindungen konnten dabei ebenfalls ausgeschlossen werden oder hätten zumindest nicht das Ausmaß der beobachteten Nullpunktverschiebungen erklären können.

[0020] Laborversuche mit einer Helmholtzspule, deren – bekanntlich weitgehend homogenem – geschaltetem Magnetfeld ein entsprechender Meßwandler der in Rede stehende Art in verschiedenen Einbaulagen ausgesetzt worden ist, haben schließlich überraschenderweise Gleich-Magnetfelder als eine mögliche Störquelle für die bislang unerklärlich hohen beobachtenden Nullpunktverschiebungen identifiziert. Weiterführend konnte so schließlich auch der besondere Einfluß des im obigen Sinne in erheblichem Maße ortsabhängigen Erdmagnetfelds als Ursache für eine Ortsabhängigkeit des Nullpunkts oder vielmehr eine Ortsabhängigkeit von dessen Änderungen erkannt werden, wobei angesichts des im Vergleich zu den eher hohen Feldstärken von etwa 800 mT, die die regulären Meßspannungen in den Schwingungssensoren bewirken, um einige Größenordnungen schwächeren Erdmagnetfelds die Empfindlichkeit der Schwingungssensoren auf lokale Änderungen von dessen Felddichte durchaus überraschend ist.

[0021] Eine Möglichkeit zur Behebung des vorgenannten Problems bestünde nunmehr beispielsweise darin, das Wandlergehäuse so auszubilden, daß dessen effektiver magnetischer Widerstand signifikant verringert wird. Dies wiederum würde die Verwendung von Materialien mit einer vergleichsweise hohen relativen magnetischen Leitfähigkeit erfordern, wie etwa Automatenstahl oder Baustahl. Allerdings können solche Materialien, wie beispielsweise auch in der US-B 63 30 832 erörtert, die an industrietaugliche Meßwandler der in Rede stehenden Art gestellten hohen Anforderungen hinsichtlich Korrosionsbeständigkeit und/oder Hygiene nicht immer voll umfänglich erfüllen, so daß dann den ohnehin hohen Material- und/oder Fertigungsaufwand weiter erhöhende Maßnahmen ergriffen werden müßten.

[0022] Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, Meßwandler der vorgenannten Art dahingehend zu verbessern, daß eine deutlich geringere Abhängigkeit der Meßgenauigkeit von der tatsächlichen Einbaulage und/oder vom tatsächlichen Einbauort des Meßwandlers erreicht werden kann. Dies im besonderen auch mit gegenüber herkömmlichen Meßwandlern vergleichbarem oder nur unwesentlich höherem Aufwand hinsichtlich Fertigung und/oder Ma-

terial.

[0023] Zur Lösung der Aufgabe besteht die Erfindung in einem Meßwandler vom Vibrationstyp für ein in einer Rohrleitung strömendes Medium, welcher Meßwandler wenigstens ein zumindest zeitweise vibrierendes Meßrohr zum Führen von zu messendem Medium, einen Gegenschwinger, der unter Bildung einer ersten Kopplungszone einlaßseitig am Meßrohr fixiert ist und der unter Bildung einer zweiten Kopplungszone auslaßseitig am Meßrohr fixiert ist, wenigstens einen, insb. elektrodynamischen, Schwingungserreger zum, beispielsweise differentiellen, Erzeugen von mechanischen Schwingungen zumindest des Meßrohrs relativ zum Gegenschwinger, sowie wenigstens einen, insb. elektrodynamischen, ersten Schwingungssensor zum, beispielsweise differentiellen, Erfassen von Schwingungen zumindest des Meßrohrs relativ zum Gegenschwinger umfaßt. Beim erfindungsgemäßen Meßwandler weist der wenigstens eine Schwingungssensor zudem eine, beispielsweise am Gegenschwinger fixierte, Spule sowie einen mit dieser magnetisch gekoppelten Dauermagneten auf, der innerhalb eines zumindest anteilig aus magnetisch leitfähigem Material bestehenden Magnetbecher plaziert und daselbst an einem, beispielsweise am Meßrohr befestigten, Becherboden gehalten ist. Darüberhinaus ist beim erfindungsgemäßen Meßwandler vorgesehen, daß eine, beispielsweise im wesentlichen kreiszylindrisch und/oder rohrförmig ausgebildete, sich vom Becherboden aus, beispielsweise im wesentlichen in Richtung des Gegenschwingers und/oder in Richtung von Biegeschwingungen des Meßrohrs relativ zum Gegenschwinger, erstreckende Becherwand des Magnetbechers wenigstens einen, beispielsweise sich zumindest abschnittsweise in Richtung von Schwingungen des Meßrohrs relativ zum Gegenschwinger erstreckenden, Schlitz aufweist.

[0024] Darüber hinaus besteht die Erfindung in einem, beispielsweise als Coriolis-Massendurchflußmeßgerät, Dichtemeßgerät, Viskositätsmeßgerät oder dergleichen ausgebildeten, In-Eine-Meßgerät zum Messen und/oder Überwachen wenigstens eines Parameters, beispielsweise eines Massendurchflusses einer Dichte und/oder einer Viskosität, eines in einer Rohrleitung strömenden Mediums, in welchem In-Line-Meßgerät ein Meßwandler der oben genannten Art Verwendung findet.

[0025] Der Meßwandler ist im besonderen ferner so ausgebildet, daß er wenigstens einen ersten natürlichen Schwingungsmodus aufweist, in dem zumindest das Meßrohr Biegeschwingungen in einer gedachten Primär-Schwingungsebene ausführen kann. Diesen Aspekt des erfindungsgemäßen Meßwandlers weiterbildend ist vorgesehen, daß das Meßrohr im Betrieb mittels des wenigstens einen Schwingungserregers zumindest zeitweise derart angeregt ist, daß es

zumindest anteilig, insb. überwiegend oder ausschließlich, in der gedachten Primär-Schwingungsebene oszilliert.

[0026] Nach einer ersten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Spule des Schwingungssensors am Gegenschwinger fixiert ist.

[0027] Nach einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors mechanisch mit dem Meßrohr gekoppelt ist.

[0028] Nach einer dritten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Becherboden des Magnetbechers des wenigstens einen Schwingungssensors am Meßrohr befestigt ist.

[0029] Nach einer vierten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der, beispielsweise länglich und/oder stabförmig ausgebildete, Dauermagnet und Spule des wenigstens einen Schwingungssensors zueinander im wesentlichen koaxial verlaufend ausgerichtet sind.

[0030] Nach einer fünften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors und Becherwand zueinander im wesentlichen koaxial verlaufend ausgerichtet sind.

[0031] Nach einer sechsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors im wesentlichen in einem Zentrum des Becherbodens an diesem fixiert ist.

[0032] Nach einer siebenten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors und der wenigstens eine Schlitz zumindest abschnittsweise, beispielsweise überwiegend oder gänzlich, zueinander im wesentlichen parallel verlaufend ausgerichtet sind.

[0033] Nach einer achten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der wenigstens eine Schlitz zumindest abschnittsweise, beispielsweise überwiegend oder gänzlich, im wesentlichen gerade ist.

[0034] Nach einer neunten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der wenigstens eine Schlitz sich zumindest bis zum Becherboden erstreckt.

[0035] Nach einer zehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der wenigstens eine Schlitz sich bis zu einem, beispielsweise im wesentlichen dem Gegenschwinger zugewandten, freien Rand des Magnetbechers erstreckt. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist ferner vorgesehen, daß

sich der wenigstens eine Schlitz, ausgehend von dem, beispielsweise dem Gegenschwinger zugewandten, freien Rand des Magnetbechers zumindest bis zum Becherboden entlang der Becherwand erstreckt.

[0036] Nach einer elften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der auch der Becherboden geschlitzt ist.

[0037] Nach einer zwölften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß sich der wenigstens eine Schlitz sich zumindest abschnittsweise entlang des Becherbodens, beispielsweise in Richtung eines Radius des Becherbodens, erstreckt.

[0038] Nach einer dreizehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der auch der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest abschnittsweise geschlitzt ist.

[0039] Nach einer vierzehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der auch der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors wenigstens einen, beispielsweise sich zumindest abschnittsweise in Richtung von Schwingungen des Meßrohrs relativ zum Gegenschwinger erstreckenden, Schlitz aufweist. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist ferner vorgesehen, daß sich der wenigstens eine Schlitz bis zu einem im wesentlichen dem Gegenschwinger zugewandten freien Rand des Dauermagneten erstreckt.

[0040] Nach einer fünfzehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus einem Material besteht, das eine geringere magnetische Leitfähigkeit aufweist, als ein Material aus dem der Gegenschwinger zumindest überwiegend besteht.

[0041] Nach einer sechzehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Gegenschwinger zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus einem magnetisch leitfähigen Material besteht.

[0042] Nach einer siebzehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Gegenschwinger zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus einem magnetisch leitfähigen Material mit einer relativen Permeabilität von zumindest 10, beispielsweise mehr als 100, besteht.

[0043] Nach einer achtzehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß wobei der Gegenschwinger zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus einem Stahl, z. B. einem Automatenstahl oder einem Baustahl, besteht.

[0044] Nach einer neunzehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus einer Seltenerde-Legierung, wie z. B. Al-NiCo, NyFeB, SmCo oder dergleichen, besteht.

[0045] Nach einer zwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus Ferrit besteht.

[0046] Nach einer einundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Magnetbecher des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus einem Stahl, wie z. B. einem Automatenstahl oder einem Baustahl, besteht.

[0047] Nach einer zweiundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Magnetbecher des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus Ferrit besteht.

[0048] Nach einer dreiundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Gegenschwinger zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus einem Stahl, wie z. B. einem Automatenstahl oder einem Baustahl, besteht.

[0049] Nach einer vierundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus, beispielsweise rostfreiem und/oder austenitisch, Stahl, wie z. B. 316 L, 318 L, oder einer Nickellegierung, wie z. B. Hastelloy, besteht.

[0050] Nach einer fünfundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus Titan besteht.

[0051] Nach einer sechsundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus Tantal besteht. Nach einer siebenundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr zumindest anteilig, beispielsweise überwiegend oder vollständig, aus Zirconium besteht. Nach einer achtundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Magnetbecher des wenigstens einen Schwingungssensors wenigstens zwei, beispielsweise auch mehrere und/oder zumindest innerhalb der Becherwand zueinander im wesentlichen parallel verlaufende und/oder im wesentlichen uniforme, Schlitze aufweist.

[0052] Nach einer neunundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Magnetbecher des wenigstens einen Schwingungssensors wenigstens zwei, beispielsweise auch mehrere, innerhalb des Becherbodens, beispielsweise im wesentlichen radial verlaufende und/oder im wesentlichen uniforme, Schlitze aufweist.

[0053] Nach einer dreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors wenigstens zwei, beispielsweise auch mehrere und/oder zueinander im wesentlichen parallel verlaufende und/oder im wesentlichen uniforme, Schlitze aufweist.

[0054] Nach einer einunddreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der wenigstens einen Schwingungserreger im Betrieb zumindest zeitweise von einem Schwingungen des Meßrohrs, beispielsweise Biegeschwingungen des Meßrohrs in der gedachten Primär-Schwingungsebene, bewirkenden elektrischen Treibersignal gespeist ist.

[0055] Nach einer zweiunddreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der erste Schwingungssensor und der wenigstens eine Schwingungserreger im wesentlichen baugleich ausgebildet sind.

[0056] Nach einer dreiunddreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der wenigstens einen Schwingungserreger wenigstens eine, beispielsweise mit dem Gegenschwinger mechanisch verbundene, insb. starr gekoppelte, Spule umfaßt. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist ferner vorgesehen, daß der wenigstens eine Schwingungserreger weiters einen mit der Spule magnetisch gekoppelten Dauermagneten aufweist, der innerhalb eines zumindest anteilig aus magnetisch leitfähigem Material bestehenden Magnetbecher plaziert und daselbst an einem, beispielsweise am Meßrohr befestigten, Becherboden gehalten ist. Zwecks einer weiteren Verbesserung der Genauigkeit des Meßwandlers wird ferner vorgeschlagen, daß dabei auch eine, beispielsweise im wesentlichen kreiszylindrisch und/oder rohrförmig ausgebildete, sich vom Becherboden des wenigstens einen Schwingungserregers aus, beispielsweise in Richtung des Gegenschwingers und/oder in Richtung von Biegeschwingungen des Meßrohrs relativ zum Gegenschwinger, erstreckende Becherwand des Magnetbechers wenigstens einen, beispielsweise sich zumindest abschnittsweise in Richtung von Schwingungen des Meßrohrs relativ zum Gegenschwinger erstreckenden, Schlitz aufweist.

[0057] Nach einer vierunddreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der erste Schwingungssensor einlaßseitig am Meßrohr plaziert ist. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend

umfaßt der Meßwandler weiters wenigstens einen, beispielsweise zum ersten Schwingungssensor im wesentlichen baugleichen und/oder auslaßseitig am Meßrohr plazierten, zweiten Schwingungssensor.

[0058] Nach einer fünfunddreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr zumindest teilweise vom Gegenschwinger ummantelt ist.

[0059] Nach einer sechsunddreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Gegenschwinger im wesentlichen rohrförmig ist.

[0060] Nach einer siebenunddreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Gegenschwinger im wesentlichen gerade ist.

[0061] Nach einer achtunddreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr im wesentlichen gerade ist. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist ferner vorgesehen, daß auch der Gegenschwinger im wesentlichen rohrförmig und im wesentlichen gerade ist.

[0062] Dadurch ist ferner auch möglich, Meßrohr und Gegenschwinger zueinander im wesentlichen koaxial auszurichten und/oder auch den Gegenschwinger im Betrieb zumindest zeitweise, insb. zu den Biegeschwingungen des Meßrohrs im wesentlichen koplanare, Biegeschwingungen um die Biegeschwingungsachse ausführen zulassen. Darüberhinaus kann somit das Meßrohr, beispielsweise zwecks Viskositätsmessung, im Betrieb Torsionsschwingungen um eine mit der Biegeschwingungsachse im wesentlichen parallelen, insb. koinzidenten, Torsionsschwingungsachse ausführen.

[0063] Nach einer neununddreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr sich mit im wesentlichen gleichbleibendem, insb. kreisringförmiger, Querschnitt zwischen den beiden Kopplungszonen erstreckt.

[0064] Nach einer vierzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr im wesentlichen zylindrisch, insb. kreiszylindrisch, geformt ist.

[0065] Nach einer einundvierzigsten Ausgestaltung der Erfindung umfaßt der Meßwandler weiters ein mittels Meßrohr, Gegenschwinger, Schwingungserreger und dem wenigstens einen Schwingungssensor gebildetes Innenteil des Meßwandlers einhausendes Wandlergehäuse.

[0066] Nach einer zweiundvierzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr über ein einlaßseitig einmündendes Einlaßrohrstück und über ein auslaßseitig einmündendes Auslaßrohrstück mit der Rohrleitung kommuniziert. Diese Aus-

gestaltung der Erfindung weiterbildend umfaßt der Meßwandler weiters ein am Einlaßrohrstück und am Auslaßrohrstück fixiertes Wandlergehäuse.

[0067] Die Erfindung basiert u. a. auf der überraschenden Erkenntnis, daß das einerseits überwiegend Gleichanteile von extern auf Meßwandler der in Rede stehenden Art wirkende Magnetfelder im Sinne der angestrebten Meßgenauigkeit signifikanten Einfluß auf den Nullpunkt haben, daß aber andererseits weniger die Bewegung der Spule im Magnetfeld als solches zu entsprechenden Störungen in den von den Schwingungssensoren gelieferten Meßsignalen führen, sondern vielmehr die periodische Variierung des relativen Abstandes zwischen vibrierendem Meßrohr und Gegenschwinger. Dies wiederum im besonderen deshalb, weil aufgrund der periodische Variierung des relativen Abstandes letztlich der magnetische Widerstand des Innenteils und somit die räumliche Verteilung des Magnetfelds innerhalb des Meßwandlers insgesamt und damit einhergehend auch die Magnetfelddichte im Bereich der Schwingungssensoren im Takte der Schwingfrequenzen des Nutzmodus wiederkehrend verändert werden. Infolge der zeitlichen Änderung der Magnetfelddichte im Bereich der Schwingungssensoren können so zum einen entsprechende Spannungen in der Spule wie auch den angeschlossenen Anschlußleitungen induziert werden, zum anderen können sich aber auch in großflächigen Metallteilen entsprechende Wirbelströme ausbilden, die selbst wiederum Spannungsinduktionen im Schwingungssensor zur Folge haben können. Als besonders prädestiniert für Störungen der beschriebenen Art hat sich dabei der bei solchen Schwingungssensoren üblicherweise verwendet Magnetbecher herausgestellt.

[0068] Ein Grundgedanke der Erfindung besteht u. a. darin, die via Erdmagnetfeld im Meßwandler bzw. infolge periodischer Veränderungen von dessen Felddichte im Bereich der Schwingungssensoren erzeugten Störungen des Nullpunktes dadurch auf einfache Weise wirksam zu verringern, daß der im Sinne eines stabilen Nullpunktes als besonders neuralgisch identifizierte Magnetbecher mittels Schlitzten geeignet modifiziert wird, und zwar unter möglichst weitgehend Beibehaltung der in Meßwandlern der in Rede stehenden Art bereits etablierten Bauformen und Materialien wie auch der ansonsten guten Eigenschaften hinsichtlich der Führung bzw. Homogenisierung des den eigentlichen Meßeffect bewirkenden Magnetfelds des Dauermagneten innerhalb des Schwingungssensors.

[0069] Abgesehen davon, daß der Einfluß des Magnetfelds insgesamt umso geringer ausfällt, je mehr Schlitzte im Magnetbecher eingebracht sind, hat sich überraschenderweise gezeigt, daß sich auch bereits bei Verwendung von Schwingungssensoren mit jeweils einem einzigen entlang der Becherwand ver-

laufenden Schlitzes eine signifikante Verbesserung der Nullpunktstabilität des jeweiligen Meßwandlers erzielen läßt. Umgekehrt ist der Anzahl und/oder der Größe der in den Magnetbecher letztlich tatsächlich einformbaren Schlitzte zumindest insoweit eine Grenze gesetzt, als dadurch die Vibrationsfestigkeit und die Steifigkeit des Magnetbeckers herabgesetzt und damit einhergehend die Neigung zu unerwünschten Eigenvibrationen des Magnetbeckers heraufgesetzt werden. Gleichmaßen ist die Anzahl der Schlitzte auch zwecks ausreichender Homogenisierung und für die eigentliche Messung geeigneter Führung des Magnetfelds des Dauermagneten auf eine möglichst geringe Anzahl sinnvoll zu begrenzen. Eine Abwägung von Aufwand und Nutzen wird in praxi eher dazu führen, daß etwa zwei bis vier solcher Schlitzte pro Schwingungssensor für die üblicherweise angestrebten Meßgenauigkeiten wie auch Sinne möglichst geringer Herstellungskosten durchaus zufriedenstellende Ergebnisse liefern werden.

[0070] Nachfolgend werden die Erfindung und vorteilhafte Ausgestaltungen derselben anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert, das in den Figuren der Zeichnung dargestellt ist; gleiche Teile sind in den Figuren im übrigen mit gleichen Bezugszeichen versehen. Falls es der Übersichtlichkeit dienlich ist, wird auf bereits erwähnte Bezugszeichen in nachfolgenden Figuren verzichtet. Im einzelne sind in:

[0071] [Fig. 1](#) ein in eine Rohrleitung einfügbares In-Line-Meßgerät zum Messen wenigstens eines Parameters eines in der Rohrleitung geführten Mediums gezeigt,

[0072] [Fig. 2](#) ein Ausführungsbeispiel für einen für das In-Line-Meßgerät von [Fig. 1](#) geeigneten Meßwandler vom Vibrations-Typ mit einem Meßrohr und einem Gegenschwinger sowie endseitigen Auslegern in einer perspektivischen Seitenansicht gezeigt,

[0073] [Fig. 3](#) den Meßwandler von [Fig. 2](#) geschnitten in einer Seitenansicht gezeigt,

[0074] [Fig. 4](#) den Meßwandler von [Fig. 2](#) in einem ersten Querschnitt gezeigt,

[0075] [Fig. 5](#) den Meßwandler von [Fig. 2](#) in einem zweiten Querschnitt gezeigt,

[0076] [Fig. 6a](#) bis d schematisch Biegelinien des Meßrohrs und eines Gegenschwingers in einem lateralen Biegeschwingungsmodus oszillierend gezeigt,

[0077] [Fig. 7a](#), b in verschiedenen Ansichten einen Magnetbecher eines Schwingungssensors für einen Meßwandlers gemäß [Fig. 2](#) gezeigt, und

[0078] [Fig. 8a](#), b in verschiedenen Ansichten einen Magnetbecher eines Schwingungserreger für einen

Meßwandlers gemäß [Fig. 2](#) gezeigt.

[0079] In der [Fig. 1](#) ist ein in eine – hier nicht dargestellte – Rohrleitung einfügbares, beispielsweise als Coriolis-Massendurchflußmeßgerät, Dichtemeßgerät, Viskositätsmeßgerät oder dergleichen ausgebildetes, In-Line-Meßgerät gezeigt, das dem Messen und/oder Überwachen wenigstens eines Parameters, beispielsweise einem Massendurchfluß, einer Dichte, einer Viskosität etc., eines in der Rohrleitung strömenden Mediums dient. Das In-Line-Meßgerät umfaßt dafür einen an eine in einem entsprechenden Elektronik-Gehäuse **200** untergebrachte – hier nicht dargestellte – Betriebs- und Auswerteelektronik des In-Line-Meßgerät elektrisch angeschlossenen Meßwandler vom Vibrationstyp, der im Betrieb entsprechend vom zu messenden Medium durchströmt ist.

[0080] In den [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) ist exemplarisch anhand eines Ausführungsbeispiel der prinzipielle Aufbau für einen solchen Meßwandler vom Vibrationstyp schematisch in verschiedenen Schnittansichten dargestellt. Darüber hinaus sind der prinzipielle mechanische Aufbau sowie dessen Wirkungsweise des exemplarisch gezeigte Meßwandlers mit den denen der in den US-A 2007/0119265, US-A 2007/0119264, US-B 66 91 583, der US-B 68 40 109 gezeigten Meßwandler vergleichbar.

[0081] Der Meßwandler dient dazu, in einem hindurchströmenden Medium mechanische Reaktionskräfte, z. B. massedurchflußabhängige Coriolis-Kräfte, dichteabhängige Trägheitskräfte und/oder viskositätsabhängige Reibungskräfte, zu erzeugen, die meßbar, insb. sensorisch erfaßbar, auf den Meßwandler zurückwirken. Abgeleitet von diesen Reaktionskräften können so in der dem Fachmann bekannten Weise z. B. ein Massedurchfluß m , eine Dichte ρ und/oder eine Viskosität η des Mediums gemessen werden. Zum Führen des Mediums umfaßt Meßwandler wenigstens ein – im hier gezeigten Ausführungsbeispiel einziges, im wesentlichen gerades – Meßrohr **10**, das im Betrieb, beispielsweise in einem natürlichen Biegeschwingungsmodus und/oder in einem natürlichen Torsionsschwingungsmodus, vibrieren gelassen und dabei, um eine statische Ruhelage oszillierend, wiederholt elastisch verformt wird. Dabei weist der Meßwandler wenigstens einen ersten natürlichen Schwingungsmodus auf, in dem zumindest das Meßrohr Biegeschwingungen in einer gedachten Primär-Schwingungsebene XZ ausführen kann.

[0082] Zur Minimierung von auf das Meßrohr **10** wirkenden Störeinflüssen wie auch zur Reduzierung von seitens des Meßwandlers an die angeschlossene Rohrleitung abgegebener Schwingungsenergie ist im Meßwandler des weiteren ein – hier im wesentlichen gerader und im wesentlichen parallel zum Meßrohr **10** verlaufender – Gegenschwinger **20** vorgesehen. Dieser ist, wie auch in [Fig. 2](#) gezeigt, unter Bildung

einer – praktisch ein Einlaßende des Meßrohrs **10** definierenden – ersten Kopplungszone **11#** einlaßseitig und der unter Bildung einer – praktisch ein Auslaßende des Meßrohrs **10** definierenden – zweiten Kopplungszone **12#** auslaßseitig jeweils am Meßrohr **10** fixiert.

[0083] Der Gegenschwinger **20** kann z. B. rohr – oder kastenförmig ausgeführt und beispielsweise so am Einlaßende und am Auslaßende mit dem Meßrohr **10** verbunden sein, daß er, wie bei derartigen Meßwandlern durchaus üblich, im wesentlichen koaxial zum – hier im wesentlichen geraden – Meßrohr **10** ausgerichtet ist und somit das Meßrohr **10** vom Gegenschwinger **20** zumindest teilweise ummantelt ist. Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Gegenschwinger hinsichtlich seiner Masse und Biegesteifigkeit ferner so auf das Meßrohr abgestimmt, daß im Vergleich zu den Biegeschwingungen des Meßrohrs durchaus nennenswerte gleichfrequente Biegeschwingungen ausführt und insoweit im Betrieb auch zumindest zeitweise Biegeschwingungen um die Biegeschwingungsachse ausführt. Es kann aber auch von Vorteil sein, wenn der Gegenschwinger **20** wesentlich schwerer ausgelegt ist als das Meßrohr **10**, so daß er im Vergleich zum Meßrohr zumindest nominell eine kleinere Eigenfrequenz aufweist und somit im Betrieb kaum schwingt oder zumindest im Vergleich zum Meßrohr keine nennenswerten Schwingungen ausführt.

[0084] Zum Ein- bzw. Ausleiten des zu messenden Mediums in das Meßrohr **10** ist dieses über ein einlaßseitig im Bereich der ersten Kopplungszone einmündendes Einlaßrohrstück **11** und über ein auslaßseitig im Bereich der zweiten Kopplungszone einmündendes, insb. zum Einlaßrohrstück **11** im wesentlichen identisches, Auslaßrohrstück **12** entsprechend an die das Medium zu- bzw. abführende – hier nicht dargestellte – Rohrleitung angeschlossen. Einlaßrohrstück **11** und Auslaßrohrstück **12** sind im gezeigten Ausführungsbeispiel wesentlichen gerade ausgeführt und zueinander, zum Meßrohr **10** sowie zu einer die Kopplungszonen praktisch verbindenden imaginären Längsachse L fluchtend ausgerichtet. In vorteilhafter Weise können Meßrohr **10**, Einlaß- und Auslaßrohrstück **11**, **12** einstückig ausgeführt sein, so daß zu deren Herstellung z. B. ein einziges rohrförmiges Halbzeug dienen kann. Anstelle dessen, daß Meßrohr **10**, Einlaßrohrstück **11** und Auslaßrohrstück **12** jeweils durch Segmente eines einzigen, einstückigen Rohres gebildet sind, können diese, falls erforderlich aber auch mittels einzelner, nachträglich zusammengefügt, z. B. zusammengeschweißter, Halbzeuge hergestellt werden. Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist das Meßrohr ferner so ausgebildet, daß es sich zwischen den beiden Kopplungszonen mit im wesentlichen gleichbleibendem, insb. kreisringförmigem, Querschnitt erstreckt. Im besonderen ist ferner vorgesehen, daß das Meßrohr **10**

im wesentlichen zylindrisch, insb. kreiszylindrisch, geformt ist.

[0085] Das mittels des Meßrohrs **10**, des Gegenschwingers **20**, des Einlaßrohrstücks **11** sowie des Auslaßrohrstücks **12** gebildete Innenteil des Meßwandlers ist, wie aus einer Zusammenschau von **Fig. 1** und **Fig. 2** ersichtlich, ferner in einem selbiges Innenteil mediumsicht und weitgehend druckfest umhüllendes Wandlergehäuse **30** schwingfähig gehalten, das am jeweils von den Kopplungszonen entfernten Ende des Ein- und Auslaßrohrstück **11**, **12** entsprechend fixiert ist. Für den Fall, daß der Meßwandler lösbar mit der Rohrleitung zu montieren ist, ist dem Einlaßrohrstück **11** und dem Auslaßrohrstück **12** jeweils ein erster bzw. zweiter Flansch **13**, **14** entsprechend angeformt. Die Flansche **13**, **14** können dabei gleichzeitig auch als integraler Bestandteil des Wandlergehäuses **30** ausgebildet sein. Falls erforderlich können Ein- und Auslaßrohrstück **11**, **12** aber auch direkt mit der Rohrleitung, z. B. mittels Schweißen oder Hartlötung, verbunden werden.

[0086] Zum Erzeugen mechanischer Schwingungen des Meßrohrs **10** – seien es nun Biegeschwingungen und/oder Torsionsschwingungen – umfaßt der Meßwandler weiters eine, insb. elektrodynamische, Erregeranordnung **40**. Diese dient dazu, eine mittels der Betriebs- und Auswertelektronik inform eines entsprechend konditionierten elektrischen Treibersignals, z. B. mit einem geregelten Strom und/oder einer geregelten Spannung, eingespeiste elektrische Erregerenergie E_{exc} in eine auf das Meßrohr **10**, z. B. pulsformig, getaktet oder harmonisch, einwirkende und dieses in der vorbeschriebenen Weise elastisch verformende Erregerkraft F_{exc} umzuwandeln. Die Erregerkraft F_{exc} kann hierbei, wie in **Fig. 4** schematisch dargestellt, bidirektional oder aber auch 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. Im besonderen ist die Erregeranordnung **40**, wie bei derartigen Meßwandlern durchaus üblich, ferner so ausgebildet und im Meßwandler angeordnet, daß sie im wesentlichen mittig an das Meßrohr **10** angreift und/oder zumindest punktuell entlang einer gedachten mittigen Umfanglinie des Meßrohrs außen an diesem fixiert ist. Als Erregeranordnung **40** kann z. B. eine einfache differentiell auf Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** einwirkende, elektrodynamische Tauchspulenordnung mit wenigstens einer direkt oder – wie **Fig. 2** und **Fig. 4** gezeigt – mittelbar am Gegenschwinger **20** befestigten zylindrischen Erregerspule **41a**, die im Betrieb von einem entsprechenden Erregerstrom oder einem davon abgezweigten Erregerteilstrom durchflossen ist, und mit einem in die Erregerspule **41a** zumindest teilweise eintauchenden dauermagnetischen Anker **41b**, der

von außen, insb. mittig und/oder mittelbar, am Meßrohr **10** fixiert ist, dienen. Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist die wenigstens eine Erregerspule **41a** der Erregeranordnung **40** an einem – hier mit dem Meßrohr **10** verbundenen – Hebel **41'** fixiert und über diesen und im Zusammenspiel mit dem – hier von außen am Gegenschwinger **20** fixierten – dauermagnetischen Anker **41b** auf Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** einwirkt. Die im Ausführungsbeispiel gezeigte Erregeranordnung **40** weist darüber hinaus drei weitere jeweils differentiell auf Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** einwirkende Tauchspulenordnungen **42**, **43**, **44** der vorgenannten Art auf. Alternativ zu den vorgenannten elektrodynamischen Tauchspulenordnungen kann die Erregeranordnung **40** aber z. B. auch mittels Elektromagneten oder auch mittels seismischer Erreger realisiert sein. Im übrigen ist bei Meßwandlern der vorgenannten Art zudem auch möglich, die jeweilige Spule und/oder den Anker vom Schwingungserreger unter Verzicht auf einen vermittelnden Hebel beispielsweise direkt am Meßrohr oder am Gegenschwinger zu befestigen.

[0087] Zum Erfassen von Schwingungen zumindest des Meßrohrs **10** relativ zum Gegenschwinger **20** umfaßt der Meßwandler ferner wenigstens einen, insb. elektrodynamischen und/oder die relativen Schwingungen von Meßrohr und Gegenschwinger differentiell erfassenden, Schwingungssensor **51**, der im Betrieb zumindest zeitweise ein Vibrationen des Meßrohrs **10** repräsentierendes Schwingungsmeßsignal s_1 liefert. Der wenigstens eine Schwingungssensor **51** weist, wie bei derartigen Meßwandlern durchaus üblich, eine – hier am Gegenschwinger **20** fixierte – Spule **51a** sowie einen mit dieser magnetisch gekoppelten – hier am Meßrohr **10** befestigten – als Dauermagnet ausgebildeten Anker **51b** auf. Nach einer Ausgestaltung der Erfindung besteht der Dauermagnet zumindest anteilig, insb. überwiegend, zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einer Seltenerde-Legierung, wie etwa AlNiCo, NyFeB, SmCo oder dergleichen. Alternativ oder in Ergänzung kann der Dauermagnet beispielsweise aber auch aus einem Ferrit hergestellt sein.

[0088] Die Sensorspule **51a** ist möglichst nah zu dem – hier am Gegenschwinger **20** fixierten – dauermagnetischen Anker **51b** angeordnet und mit diesem magnetisch so gekoppelt, daß in der Sensorspule **51a** eine veränderliche Meßspannung induziert wird, die durch einen relativen Abstand zwischen Sensorspule und Anker verändernde laterale Relativbewegungen zwischen Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** und/oder eine relative Lage der Sensorspule bezüglich des Ankers verändernde rotatorische Relativbewegungen zwischen Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** beeinflußt ist. Falls erforderlich können die Sensorspule **51a** dazu aber auch am Gegenschwinger **20** und in entsprechender Weise der mit

dieser gekoppelte Anker **51b** am Meßrohr **10** fixiert sein.

[0089] Der, insb. länglich und/oder stabförmig ausgebildete, Dauermagnet **51b** wiederum ist – wie in den [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) schematisch dargestellt – innerhalb eines zumindest anteilig aus magnetisch leitfähigem Material bestehenden Magnetbecher **51c** plaziert und daselbst an einem, beispielsweise unmittelbar am Meßrohr **10** befestigten, Becherboden **51c'** gehalten. Dabei kann es durchaus von Vorteil sein, den Dauermagnet **51b** im wesentlichen in einem Zentrum des Becherbodens **51c'** an diesem zu fixieren. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung besteht der Magnetbecher **51c** ferner zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem Stahl, wie etwa einem Automatenstahl oder einem Baustahl. Alternativ oder in Ergänzung kann der Magnetbecher **51c** aber z. B. auch aus einem Ferrit hergestellt sein. Ausgehend vom Becherboden **51c'** erstreckt sich ferner eine, insb. im wesentlichen kreiszylindrisch und/oder rohrförmig ausgebildete, Becherwand **51c''** des Magnetbechers **51c**. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind Dauermagnet **51b** und Spule **51a** des wenigstens eines Schwingungssensors **51** zueinander im wesentlichen koaxial verlaufend ausgerichtet. Für den bereits angedeuteten Fall, daß die Becherwand **51c'** des Magnetbechers **51c** im wesentlichen kreiszylindrisch und/oder rohrförmig ausgebildet ist, ist gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ferner vorgesehen, Dauermagnet **51b** und Becherwand **51c''** zueinander im wesentlichen koaxial verlaufend auszurichten.

[0090] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung umfaßt der Meßwandler neben dem wenigstens einen Schwingungssensor **51**, wie aus [Fig. 3](#) ersichtlich, zumindest einen weiteren Schwingungssensor **52** der im Betrieb zumindest zeitweise ein entsprechendes zweites Schwingungssignal s_2 liefert. Zum Detektieren von einlaßseitigen und auslaßseitigen Schwingungen des Meßrohr **10** ist der erste der wenigsten zwei Schwingungssensoren **51**, **52**, – wie in [Fig. 2](#) oder [Fig. 3](#) schematisch dargestellt – einlaßseitig am Meßrohr **10** plaziert, während der zweite der wenigsten zwei Schwingungssensoren **51**, **52**, auslaßseitig am Meßrohr **10** angeordnet ist. Die beide, insb. einander im wesentlichen baugleich ausgebildeten, Schwingungssensoren **51**, **52** sind dabei in vorteilhafter Weise auf ein und derselben Seite am Meßrohr **10** und angeordnet und dabei so von jeder der beiden Kopplungszone **11#**, **12#** beabstandet im Meßwandler plaziert, daß sie jeweils im wesentlichen den gleichen Abstand zur Mitte des Meßrohrs **10** und/oder zur jeweils nächsten der beiden Kopplungszone **11#**, **12#** aufweisen.

[0091] Die Erregeranordnung **40** wie auch der wenigstens eine Schwingungssensor **51** sind mit der er-

wähnten Betriebs- und Auswerte-Elektronik des In-Line-Meßgeräts des weiteren mittels entsprechende Anschlußleitungen elektrisch verbunden, die wiederum zumindest abschnittsweise innerhalb des Wandlergehäuses geführt sind, vgl. hierzu im besonderen auch die eingangs erwähnten eigenen deutschen Patentanmeldungen 102006062220.0, 102006062219.7 bzw. 102006062185.9. Die Anschlußleitungen können dabei zumindest anteilig als elektrische, zumindest abschnittsweise in von einer elektrischen Isolierung umhüllte Leitungsdrähte ausgebildet sein, z. B. in Form von "Twisted-pair"-Leitungen, Flachbandkabeln und/oder Koaxialkabeln. Alternativ oder in Ergänzung dazu können die Anschlußleitungen zumindest abschnittsweise auch mittels Leiterbahnen einer, insb. flexiblen, gegebenenfalls überlackierten Leiterplatte gebildet sein.

[0092] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind Meßrohr **10**, Gegenschwinger **20**, der wenigstens eine Schwingungssensor **51** bzw. die Schwingungssensoren sowie die Erregeranordnung **40** hinsichtlich ihrer Massenverteilung ferner insgesamt so aufeinander abgestimmt, daß das so gebildete, mittels des Ein- und am Auslaßrohrstücks **11**, **12** aufgehängte Innenteil des Meßwandlers einen Massenschwerpunkt MS aufweist, der zumindest innerhalb des Meßrohrs **10**, bevorzugt aber möglichst nah an der Meßrohr-Längsachse L liegt. Zudem ist das Innenteil ferner so ausgebildet, daß es eine mit dem Einlaßrohrstück **11** und dem Auslaßrohrstück **12** fluchtende und zumindest abschnittsweise innerhalb des Meßrohrs **10** liegende erste Trägheitshauptachse T_1 aufweist. Infolge der Positionierung des Massenschwerpunktes MS des Innenteils, insb. aber auch aufgrund der vorherbeschriebenen Lage der ersten Trägheitshauptachse T_1 können die Torsionsschwingungen und die Biegeschwingungen des Meßrohrs **10** zumindest im Nutzmode mechanisch voneinander weitestgehend entkoppelt werden.

[0093] Das Innenteil Meßwandlers ist gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung derart ausgestaltet, daß eine erste Trägheitshauptachse T_1 davon mit der oben Längsachse L im wesentlichen koinzidiert. Ferner ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung das Innenteil des Meßwandlers derart ausgestaltet, daß eine zweite Trägheitshauptachse T_2 davon im wesentlichen mit der oben erwähnten Mittelachse zusammenfällt.

[0094] Zur weiteren Verbesserung der Meßgenauigkeit und in Anlehnung an die in den eingangs erwähnten US-A 2007/0186685, US-A 2007/0119265, US-A 2007/0119264, US-B 66 91 583, oder US-B 68 40 109 vorgeschlagenen Meßwandler umfaßt gemäß einer Weiterbildung der Erfindung der erfindungsgemäße Meßwandler, wie auch aus der Zusammenschau der [Fig. 2](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 6a](#) ersichtlich, ferner einen im Bereich der ersten Kopplungszone mit dem Ein-

laßrohrstück **11** und dem Meßrohr **10** gekoppelten ersten Ausleger **15**, der einen im Bereich des Einlaßrohrstücks **11** liegenden Massenschwerpunkt M_{15} aufweist, sowie einen im Bereich der zweiten Kopplungszone mit dem Auslaßrohrstück **12** und dem Meßrohr **10** gekoppelten zweiten Ausleger **16**, der einen im Bereich des Auslaßrohrstücks **12** liegenden Massenschwerpunkt M_{16} aufweist. Anders gesagt, sind die beiden, insb. im wesentlichen baugleichen, ggf. sogar einander identischen, Ausleger **15**, **16** so im Meßwandler angeordnet, daß der jeweilige Massenschwerpunkt M_{15} , M_{16} vom Meßrohr **10**, insb. in dessen Flucht liegend, beabstandet ist. Die beiden Ausleger **15**, **16** sind also insoweit exzentrisch am Ein- bzw. Auslaßrohrstück und entsprechend exzentrisch auch an Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** gehalten. Die Wirkungsweise des so gebildeten Innenteils entspricht dabei der in den erwähnten US-A 2007/0186685, US-A 2007/0119265, US-A 2007/0119264, US-B 66 91 583, oder US-B 68 40 109 gezeigten Innenteile. Um eine möglichst einfache, kostengünstige Fertigung der Ausleger wie schließlich des Meßwandlers zu ermöglichen, kann jeder der beiden Ausleger **15**, **16** beispielsweise im wesentlichen röhrenförmig oder hülsenförmig ausgebildet sein, so daß er praktisch mittels einer auf den Gegenschwinger **20** aufgeschobenen, insb. metallische, Hülse gebildet werden kann, insb. auch dann, wenn der Gegenschwinger **20** bereits mit dem Meßrohr **10** verbunden worden ist. Gemäß einer Weiterbildung dessen weist jeder der dabei den jeweiligen Ausleger **15**, **16** bildenden Hülsen jeweils wenigstens eine Ringnut auf, vgl. auch hierfür die erwähnten US-A 2007/0186685, US-A 2007/0119264 oder US-A 2007/0119265.

[0095] Zur Herstellung von Ein- und Auslaßrohrstück sowie dem Meßrohr kann im übrigen praktisch jedes der für solche Meßwandler üblichen Materialien, wie z. B. rostfreier und/oder austenitischer Stahl, Titan, Tantal, Zirkonium oder aber auch Nickellegierungen, wie etwa Hastelloy, verwendet werden. Beispielsweise hat sich besonders die Verwendung von Titan, Tantal, Zirkonium oder auch rostfreier Stahl, wie etwa 316 L, 318 L, für das Meßrohr **10** sowie das Einlaßrohrstück **11** und das Auslaßrohrstück **12** als besonders geeignet gezeigt, während – beispielsweise aus Gründen der Kostenersparnis – sowohl für den Gegenschwinger **20** sowie die gegebenenfalls vorgesehenen Ausleger **15**, **16** als auch für das Wandlergehäuse **30** die Verwendung von kostengünstigem, dann allerdings aber zumeist auch magnetisch gut leitfähigem Schwarzstahl durchaus von Vorteil sein kann. Dementsprechend ist das Meßrohr **10** nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner so ausgebildet, daß es zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem Material besteht – beispielsweise einem der vorgenannten üblichen Meßrohrmaterialien –, das eine geringere magnetische Leitfähigkeit aufweist, als ein Material,

aus dem der Gegenschwinger zumindest überwiegend oder auch gänzlich besteht. Im besonderen ist ferner vorgesehen, das der Gegenschwinger **20** zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem magnetisch leitfähigem Material besteht. Vorzugsweise ist der Gegenschwinger dabei zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem magnetisch leitfähigem Material hergestellt, das eine relative Permeabilität von zumindest 10, insb. mehr als 100, aufweist, wie etwa einem Automatenstahl oder einem Baustahl. Solche Stähle sind dem Fachmann beispielsweise auch unter der Bezeichnung St37, St38 oder St53 bekannt.

[0096] Im Betrieb des Meßwandlers wird das Meßrohr **10** mittels der dafür im Betrieb von einem elektrischen Treibersignal gespeisten Erregeranordnung **40** – wie bereits mehrfach erwähnt – zumindest zeitweise zu lateralen Biegeschwingungen in der gedachten Primär-Schwingungsebene XZ, insb. im Bereich einer natürlichen Resonanzfrequenz eines entsprechenden natürlichen Schwingungsmodes, so angeregt, daß es sich in diesem sogenannten Nutzmode zumindest anteilig, insb. überwiegend, gemäß einer natürlichen ersten Eigenschwingungsform ausbiegt. Die Biegeschwingungen im Nutzmode sind dabei im wesentlichen transversal zu einer mit der Längsachse L im wesentlichen parallelen, insb. koinzidierenden, Biegeschwingungsachse ausgerichtet, die die beiden Kopplungszonen **11#**, **12#** imaginär miteinander verbindet. Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist hierbei ferner vorgesehen, daß das Meßrohr im Betrieb mittels der Erregeranordnung zumindest zeitweise derart angeregt ist, daß es überwiegend oder ausschließlich in der gedachten Primär-Schwingungsebene oszilliert.

[0097] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung, wird das Meßrohr **10** mittels der entsprechend gespeisten Erregeranordnung **40** dabei mit einer Schwingungsfrequenz, f_{exc} , angeregt, die möglichst genau einer natürlichen Resonanzfrequenz des sogenannten f1-Eigenmodes des Meßrohrs **10** entspricht, also einem symmetrischen Eigenmode bei dem, wie in [Fig. 6b](#) bis [Fig. 6d](#) schematisch dargestellt, das vibrierende, jedoch nicht vom Medium durchströmte Meßrohr **10** bezüglich einer zur Längsachse L senkrechten Mittelachse im wesentlichen symmetrisch ausgebogen wird und dabei im wesentlichen einen einzigen Schwingungsbauch aufweist, vgl. hierzu beispielsweise auch eingangs erwähnten US-A 2007/0119265, US-A 2007/0119264, US-B 66 91 583, oder US-B 68 40 109. Gleichermaßen wird auch der Gegenschwinger **20**, wie in [Fig. 5b](#) schematisch dargestellt, im Betrieb des Meßwandlers ebenfalls zu Biegeschwingungen angeregt, die im wesentlichen koplanar, jedoch im wesentlichen gegenphasig zu den Biegeschwingungen des Meßrohrs **10** ausgebildet sind. Somit oszillieren Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** im Betrieb also zumindest zeitweise

und/oder anteilig lateral in einem Nutzmode, in dem sie gemeinsam im wesentlichen koplanare Biegeschwingungen in der gedachten Primär-Schwingungsebene XZ ausführen.

[0098] Für den Fall, daß das Medium in der Rohrleitung strömt und somit der Massedurchfluß m von Null verschieden ist, werden mittels des in vorgenannter Weise vibrierenden Meßrohrs **10** im hindurchströmenden Medium Corioliskräfte induziert. Diese wiederum wirken auf das Meßrohr **10** zurück und bewirken so eine zusätzliche, sensorisch erfaßbare – hier jedoch nicht dargestellte – Verformung des Meßrohrs **10** gemäß einer natürlichen zweiten Eigenschwingungsform, die dem angeregten Nutzmode im wesentlichen koplanar überlagert ist. Folglich schwingt das Meßrohr auch im Coriolis-Mode im wesentlichen entlang der gedachten Primär-Schwingungsebene XZ. Die momentane Ausprägung der Verformung des Meßrohrs **10** ist dabei, insb. hinsichtlich ihrer Amplituden, auch vom momentanen Massedurchfluß m abhängig. Als zweite Eigenschwingungsform, dem sogenannten Coriolismode, kann, wie bei derartigen Meßwandlern üblich, z. B. die Eigenschwingungsform des antisymmetrischen f_2 -Eigenmodes, also jene mit zwei Schwingungsbäuchen und/oder die Eigenschwingungsform des anti-symmetrischen f_4 -Eigenmodes mit vier Schwingungsbäuchen dienen. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung sind ferner Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** so dimensioniert, daß das leere Meßrohr **10** eine niedrigste natürliche Eigenfrequenz, f_{10} , aufweist, die größer oder etwa gleich einer niedrigsten natürlichen Eigenfrequenz, f_{20} , des Gegenschwingers **20** ist. Im besonderen sind Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** dabei so dimensioniert, daß das mit Wasser befüllte Meßrohr **10** eine niedrigste natürliche Eigenfrequenz, f_{10, H_2O} , aufweist, die mindestens gleich einer niedrigsten natürlichen Eigenfrequenz, f_{20} , des Gegenschwingers **20** ist. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** hinsichtlich ihrer Schwingungseigenschaften so aufeinander abzustimmen, daß eine niedrigste natürliche Eigenfrequenz, f_{10, H_2O} Meßrohrs **10** auch dann mindestens einem 1,1-fachen einer niedrigsten natürlichen Eigenfrequenz, f_{20} , des Gegenschwingers **20** entspricht, wenn es vollständig mit Wasser befüllt ist. Bei einem Meßrohr aus Titan mit einer Nennweite DN von etwa 55 mm, einer Länge, L_{10} , von etwa 570 mm und einer Wandstärke von etwa 2,5 mm würde eine natürliche Resonanzfrequenz, $f_{10, Luft}$, ruft, des f_1 -Eigenmodes des leeren Meßrohrs etwa bei 550 Hz liegen, während eine natürliche Resonanzfrequenz, f_{10, H_2O} , des f_1 -Eigenmodes des mit Wasser befüllten Meßrohrs etwa 450 Hz betragen würde.

[0099] Nach einer Weiterbildung der Erfindung, führt das Meßrohr **10** ferner, insb. auch in Anlehnung an den in der US-B 68 40 109 gezeigten Meßwandler,

im Betrieb zumindest zeitweise, insb. zeitgleich zu den vorgenannten Biegeschwingungen, Torsionsschwingungen um eine mit der Längsachse L bzw. der vorgenannten Biegeschwingungsachse im wesentlichen parallelen Torsionsschwingungsachse aus. Torsionsschwingungsachse, Biegeschwingungsachse wie auch die Längsachse L können, wie bei derartigen Meßwandlern durchaus üblich, im wesentlichen koinzident sein. Für das oben beschriebene Meßrohr **10** würde sich beispielsweise eine niedrigste natürliche Resonanzfrequenz für die Torsionsschwingungen im Bereich von etwa 750 Hz ergeben.

[0100] Wie bereits erwähnt, besteht bei Meßwandlern der vorgenannten Art, insb. bei solchen mit einem nichtmagnetischen Meßrohr und einem im Vergleich dazu eher magnetischen Gegenschwinger ein besonderes Problem darin, daß der gleichermaßen magnetische Anker und/oder Magnetbecher die Felddichte von allfällig in den Meßwandler von extern eingekoppelte und diesen im Bereich der Schwingungssensoren querende Magnetfelder B, wie etwa das Erdmagnetfeld, zeitlich variiert, wodurch Störspannungen induziert und dem eigentlichen Schwingungsmeßsignal überlagert werden können. Zur Verminderung solcher Störungen ist beim erfindungsgemäßen Meßwandler daher ferner vorgesehen, in die sich vom Becherboden **51c'** aus – im wesentlichen in Richtung der koplanaren Schwingungen von Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** – erstreckende –, beispielsweise im wesentlichen kreiszylindrisch und/oder rohrförmig ausgebildete, Becherwand **51c''** des Magnetbechers wenigstens einen Schlitz **511c''** einzuformen.

[0101] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der wenigstens eine Schlitz **511c''** im Magnetbecher **51c** zumindest abschnittsweise, insb. überwiegend oder vollständig, im wesentlichen gerade ausgebildet und/oder so geformt, daß er sich innerhalb der Becherwand **51c''** zumindest abschnittsweise im wesentlichen in Richtung lateraler, z. B. auch koplanarer, Biegeschwingungen von Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20**, insb. in der gedachten Primär-Schwingungsebene XZ, erstreckt. Alternativ oder in Ergänzung dazu kann der wenigstens eine Schlitz **511c''** innerhalb der Becherwand **51c''** aber auch zumindest abschnittsweise schräg und/oder helixförmig verlaufen. Unbeachtlich der tatsächlichen Form und/oder Länge des wenigstens einen Schlitzes **511c''** innerhalb der Becherwand **51c''** kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, daß es hinsichtlich der Steifigkeit des Magnetbechers insgesamt von Vorteil ist den Schlitz möglichst schmal auszubilden. Dies umso mehr, als die Breite des Schlitzes **511c''** tatsächlich nur geringen Einfluß auf die angestrebte Wirksamkeit der Störungsunterdrückung nimmt. Dem Rechnung tragend ist nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung der wenigstens eine Schlitz **511c''** so geformt, daß er einen größte Breite

aufweist die kleiner als 1 mm ist.

[0102] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind Dauermagnet **51b** und der wenigstens eine innerhalb der Becherwand verlaufende Schlitz **511c''** so geformt und relativ zueinander ausgerichtet, daß beide zumindest abschnittsweise, insb. überwiegend oder gänzlich, zueinander im wesentlichen parallel verlaufen.

[0103] Nach einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist der wenigstens eine innerhalb der Becherwand **51c''** verlaufende Schlitz **511c''** so geformt, daß er sich bis zu einem – hier im wesentlichen dem Gegenschwinger **20** zugewandten – freien Rand **51c'''** des Magnetbechers **51c** erstreckt. Hierbei kann es zudem von besonderem Vorteil sein, den wenigstens einen Schlitz **511c''** des weiteren so auszubilden, daß er, ausgehend von nämlichen Rand des Magnetbechers **51c**, sich entlang der Becherwand **51c''** zumindest bis hin zum Becherboden **51c'** erstreckt.

[0104] Alternativ oder in Ergänzung zu den vorgenannten Ausgestaltungen ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß – wie in den [Fig. 7b](#) auch der Becherboden **51c'** geschlitzt ist. Im besonderen ist dabei der wenigstens eine innerhalb der Becherwand **511c''** verlaufende Schlitz **511c''** in der Weise verlängert, daß er sich zumindest bis zum Becherboden **51c'** erstreckt, oder daß er sich gegebenenfalls zumindest abschnittsweise auch entlang des Becherbodens **51c'** erstreckt, beispielsweise wie in [Fig. 7b](#) schematisch dargestellt, in Richtung eines Radius des Becherbodens **51c'**. Zudem kann die Wirkung des wenigstens einen in den Becherboden eingeformten Schlitzes dadurch weiter verbessert werden, daß dieser, wie in [Fig. 7b](#) schematisch dargestellt, abschnittsweise aufgeweitet ist, beispielsweise in Form einer entsprechenden Bohrung im Becherboden.

[0105] Obwohl bereits jeweils mittels einem einzigen entlang der Becherwand **51c''** verlaufenden Schlitzes eine signifikante Verbesserung der Nullpunktstabilität des jeweiligen Meßwandlers erzielt werden kann, konnte, wie bereits erwähnt, festgestellt werden, daß der Einfluß von extern eingekoppelten, die Messung störender Magnetfelder B insgesamt umso geringer ausfällt, je mehr Schlitzes im Magnetbecher eingebracht sind. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist zur weiteren Verbesserung der Störungsunterdrückung daher ferner vorgesehen, daß der Magnetbecher nicht nur einen einzigen Schlitz, sondern, wie auch in den [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) schematisch dargestellt, wenigstens zwei oder mehr solcher, beispielsweise zumindest innerhalb der Becherwand zueinander im wesentlichen parallel verlaufende und/oder im wesentlichen uniforme, Schlitzes **511c''**, **512c''**, **513c''**, **514c''** aufweist. Wie zuvor am Beispiel eines Schlitzes erläutert, können auch

bei einer Vielzahl von Schlitzes im Magnetbecher **51c** des Schwingungssensors **51** zwei oder mehrere solcher Schlitzes innerhalb des Becherbodens **51c'** eingeformt, beispielsweise wiederum im wesentlichen radial verlaufend, und/oder im wesentlichen uniform ausgebildet sein. Es sei an dieser Stelle allerdings ferner darauf hingewiesen, daß die Anzahl der verwendeten Schlitzes zumindest hinsichtlich einer nach wie vor ausreichenden Homogenisierung und geeigneter Führung des für die eigentliche Schwingungsmessung erforderlichen Magnetfelds des Dauermagneten wiederum sinnvoll zu begrenzen ist. Zur Erhöhung der Vibrationsfestigkeit und der Steifigkeit des ein- oder mehrfach geschlitzten Magnetbechers und damit einhergehend zur Vermeidung unerwünschter Eigenvibrationen desselben kann es zudem von Vorteil sein, den Magnetbecher oder zumindest geschlitzte Abschnitte davon ganz oder teilweise in elektrisch nicht leitfähige Keramik und/oder elektrisch nicht leitfähigen Kunststoff, wie etwa einem Epoxidharz, einzubetten und/oder die Schlitzes zumindest teilweise damit auszufüllen.

[0106] Alternativ oder in Ergänzung zur vorgenannten Mehrfachschlitzung des Magnetbechers kann eine weitere Verbesserung der Störungsunterdrückung auch dadurch erzielt werden, daß, wie auch in der [Fig. 7a](#) angedeutet, zusätzlich zum Magnetbecher **51c** auch der Dauermagnet **51b** zumindest abschnittsweise geschlitzt ist. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist zusätzlich zum Magnetbecher auch der Dauermagnet **51b** wenigstens einen, insb. sich zumindest abschnittsweise in Richtung der im wesentlichen koplanaren Schwingungen von Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** erstreckenden, Schlitz **511b** auf. Dieser Schlitz **511b** kann beispielsweise so ausgebildet sein, daß er sich bis zu einem nicht mit dem Meßrohr **10** verbundenen freien Ende bzw. Rand **51b''''** des Dauermagneten **51b** erstreckt. Alternativ oder in Ergänzung dazu kann der Dauermagnet **51b** des weiteren auch wenigstens zwei, insb. mehre und/oder zueinander im wesentlichen parallel verlaufende und/oder im wesentlichen uniforme, Schlitzes **511b**, **512b** aufweisen.

[0107] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist ferner vorgesehen, den wenigstens einen Schwingungserreger **41** und den wenigstens einen Schwingungssensor **51** nach dem gleichen Wirkprinzip aufzubauen, insb. im wesentlichen einander baugleich auszubilden. Dementsprechend weist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner auch der wenigstens eine Schwingungserreger **41** weiters einen zumindest anteilig aus magnetisch leitfähigem Material bestehenden Magnetbecher **41c** mit einem, beispielsweise am Meßrohr **10** oder – wie aus der Zusammenschau von [Fig. 4](#), [Fig. 8a](#) und [Fig. 8b](#) ohne weiteres ersichtlich – am Gegenschwinger **20** befestigten, Becherboden **41c'** auf, an dem der mit der Spule **41a** magnetisch gekoppelte Dauermagnet **41b**

gehalten ist. Alternativ dazu können aber auch, wie bereits erwähnt, die Spule **41a** am Gegenschwinger **20** und Magnetbecher **41c** mit darin plaziertem Dauermagnet **41b** dementsprechend am Meßrohr fixiert sein, so daß dann also die wenigstens eine Spule **41a** der Erregeranordnung **40** mit dem Gegenschwinger **20** mechanisch verbunden, insb. starr gekoppelt, ist. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist zudem vorgesehen, daß auch eine, insb. im wesentlichen kreiszylindrisch und/oder rohrförmig ausgebildete, sich vom Becherboden **41c'** des Magnetbeckers **41c** wenigstens einen Schwingungserregers **41** aus, in Richtung des Gegenschwingers bzw. in Richtung des Meßrohrs, erstreckende Becherwand **41c''** des Magnetbeckers **41c** wenigstens einen, insb. sich zumindest abschnittsweise in Richtung der Schwingungen von Meßrohr **20** und Gegenschwinger **20** und/oder zu einem freien Rand **41c'''** des Magnetbeckers **41c** erstreckenden, Schlitz **411c''** aufweist.

[0108] Wie sich aus den vorangegangenen Erläuterungen unschwer erkennen läßt, zeichnet sich der erfindungsgemäße Meßwandler u. a. auch dadurch aus, daß im Vergleich zu konventionellen Meßwandlern der in Rede stehenden Art aus konstruktiver bzw. fertigungstechnischer Sicht lediglich geringfügige, einfach realisierbare Modifikationen am Schwingungssensor bzw. an den herkömmlicherweise dafür bereits verwendeten Magnetbechern erforderlich sind, um Schwingungsmeßsignale der vorbeschriebenen Art auf sehr effektive Weise frei von infolge externer Magnetfelder B induzierten Störungen zu halten, insb. auch bei ansonsten konventionellem Aufbau des Meßwandlers und/oder konventioneller Verdrahtung.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 317340 A [[0002](#)]
- US 4738144 A [[0002](#)]
- US 4777833 A [[0002](#)]
- US 4823614 A [[0002](#), [0006](#), [0010](#)]
- US 5291792 A [[0002](#), [0003](#), [0010](#), [0012](#), [0014](#), [0016](#)]
- US 5398554 A [[0002](#)]
- US 5476013 A [[0002](#)]
- US 5602345 A [[0002](#), [0016](#)]
- US 5691485 A [[0002](#)]
- US 5796010 A [[0002](#), [0003](#), [0006](#)]
- US 5796012 A [[0002](#)]
- US 5945609 A [[0002](#), [0003](#), [0010](#)]
- US 5979246 A [[0002](#)]
- US 6330832 B [[0002](#), [0021](#)]
- US 6397685 B [[0002](#)]
- US 6691583 B [[0002](#), [0080](#), [0094](#), [0094](#), [0097](#)]
- US 6840109 B [[0002](#), [0006](#), [0012](#), [0080](#), [0094](#), [0094](#), [0097](#), [0099](#)]
- US 6883387 B [[0002](#)]
- US 7077014 B [[0002](#), [0003](#), [0006](#), [0010](#), [0012](#), [0014](#)]
- US 7017424 B [[0002](#), [0006](#), [0012](#)]
- US 7299699 B [[0002](#), [0019](#)]
- US 2007/0186685 A [[0002](#), [0094](#), [0094](#), [0094](#)]
- US 2007/0151371 A [[0002](#)]
- US 2007/0151370 A [[0002](#)]
- US 2007/0119265 A [[0002](#), [0080](#), [0094](#), [0094](#), [0094](#), [0097](#)]
- US 2007/0119264 A [[0002](#), [0003](#), [0010](#), [0080](#), [0094](#), [0094](#), [0097](#)]
- WO 9940394 A [[0002](#), [0003](#), [0010](#)]
- WO 0102816 A [[0002](#), [0003](#), [0010](#)]
- WO 0014485 A [[0002](#)]
- EP 831306 A [[0009](#)]
- US 5736653 A [[0009](#)]
- US 5381697 A [[0009](#)]
- WO 01/02816 A [[0009](#)]
- DE 102007050686 [[0014](#), [0016](#)]
- DE 102006062220 [[0017](#), [0091](#)]
- DE 102006062219 [[0017](#), [0091](#)]
- DE 102006062185 [[0017](#), [0091](#)]

Patentansprüche

1. Meßwandler vom Vibrationstyp für ein in einer Rohrleitung strömendes Medium, welcher Meßwandler umfaßt:

- wenigstens ein zumindest zeitweise vibrierendes Meßrohr (10) zum Führen von zu messendem Medium,
- einen Gegenschwinger (20), der unter Bildung einer ersten Kopplungszone (11#) einlaßseitig am Meßrohr fixiert ist und der unter Bildung einer zweiten Kopplungszone (12#) auslaßseitig am Meßrohr (10) fixiert ist,
- wenigstens einen, insb. elektrodynamischen, Schwingungserreger (41) zum, insb. differentiellen, Erzeugen von mechanischen Schwingungen zumindest des Meßrohrs (10) relativ zum Gegenschwinger (20), sowie
- wenigstens einen, insb. elektrodynamischen, ersten Schwingungssensor zum, insb. differentiellen, Erfassen von Schwingungen zumindest des Meßrohrs (10) relativ zum Gegenschwinger (20),
- wobei der wenigstens eine Schwingungssensor (51) eine, insb. am Gegenschwinger (20) fixierte, Spule (51a) sowie einen mit dieser magnetisch gekoppelten Dauermagneten (51b) aufweist, der innerhalb eines zumindest anteilig aus magnetisch leitfähigem Material bestehenden Magnetbecher (51c) platziert und daselbst an einem, insb. am Meßrohr befestigten, Becherboden (51c') gehalten ist, und
- wobei eine, insb. im wesentlichen kreiszylindrisch und/oder rohrförmig ausgebildete, sich vom Becherboden aus, insb. im wesentlichen in Richtung des Gegenschwingers, erstreckende Becherwand (51c'') des Magnetbeckers wenigstens einen, insb. sich zumindest abschnittsweise in Richtung von Schwingungen des Meßrohrs (10) relativ zum Gegenschwinger (20) erstreckenden, Schlitz (51c''') aufweist.

2. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Spule des wenigstens einen Schwingungssensors am Gegenschwinger (20) fixiert ist.

3. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors mechanisch mit dem Meßrohr (10) gekoppelt ist.

4. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Becherboden des Magnetbeckers am Meßrohr befestigt ist.

5. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der, insb. länglich und/oder stabförmig ausgebildete, Dauermagnet und Spule des wenigstens einen Schwingungssensors zueinander im wesentlichen koaxial verlaufend ausgerichtet sind.

6. Meßwandler gemäß einem der vorherigen An-

sprüche, wobei Dauermagnet und Becherwand zueinander im wesentlichen koaxial verlaufend ausgerichtet sind.

7. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors im wesentlichen in einem Zentrum des Becherbodens an diesem fixiert ist.

8. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors und der wenigstens eine Schlitz zumindest abschnittsweise, insb. überwiegend oder gänzlich, zueinander im wesentlichen parallel verlaufend ausgerichtet sind.

9. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der wenigstens eine Schlitz zumindest abschnittsweise, insb. überwiegend oder gänzlich, im wesentlichen gerade ist.

10. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der wenigstens eine Schlitz sich zumindest bis zum Becherboden erstreckt.

11. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der wenigstens eine Schlitz sich bis zu einem, insb. im wesentlichen dem Gegenschwinger zugewandten, freien Rand (51c''''') des Magnetbeckers (51c) erstreckt.

12. Meßwandler gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei der wenigstens eine Schlitz ausgehend von dem, insb. dem Gegenschwinger zugewandten, freien Rand des Magnetbeckers zumindest bis zum Becherboden sich entlang der Becherwand erstreckt.

13. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der auch der Becherboden geschlitzt ist.

14. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei sich der wenigstens eine Schlitz sich zumindest abschnittsweise entlang des Becherbodens, insb. in Richtung eines Radius des Becherbodens, erstreckt.

15. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der auch der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest abschnittsweise geschlitzt ist.

16. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der auch der Dauermagnet (51b) des wenigstens einen Schwingungssensors wenigstens einen, insb. sich zumindest abschnittsweise in Richtung von Schwingungen des Meßrohrs (10) relativ zum Gegenschwinger (20) erstreckenden, Schlitz (511b) aufweist.

17. Meßwandler gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei der wenigstens eine Schlitz des Dauermagneten (**51b**) sich bis zu einem im wesentlichen dem Gegenschwinger zugewandten freien Rand (**51b''''**) des Dauermagneten erstreckt.

18. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem Material besteht, das eine geringere magnetische Leitfähigkeit aufweist, als ein Material aus dem der Gegenschwinger zumindest überwiegend besteht.

19. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Gegenschwinger zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem magnetisch leitfähigen Material besteht.

20. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Gegenschwinger zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem magnetisch leitfähigen Material mit einer relativen Permeabilität von zumindest 10, insb. mehr als 100, besteht.

21. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Gegenschwinger zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem Stahl, insb. einem Automatenstahl oder einem Baustahl, besteht.

22. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einer Seltenenerde-Legierung, insb. AlNiCo, NyFeB, SmCo oder dergleichen, besteht.

23. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus Ferrit besteht.

24. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Magnetbecher des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem Stahl, insb. einem Automatenstahl oder einem Baustahl, besteht.

25. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Magnetbecher des wenigstens einen Schwingungssensors zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus Ferrit besteht.

26. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Gegenschwinger zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus einem Stahl, insb. einem Automatenstahl oder einem Baustahl, besteht.

27. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus, insb. rostfreiem und/oder austenitisch, Stahl, insb. 316 L, 318 L, oder einer Nickellegierung, insb. Hastelloy, besteht.

28. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus Titan besteht.

29. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus Tantal besteht.

30. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr zumindest anteilig, insb. überwiegend oder vollständig, aus Zirconium besteht.

31. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Magnetbecher des wenigstens einen Schwingungssensors wenigstens zwei, insb. mehrere und/oder zumindest innerhalb der Becherwand zueinander im wesentlichen parallel verlaufende und/oder im wesentlichen uniforme, Schlitze (**511c''**, **512c''**, **513c''**, **514c''**) aufweist.

32. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Magnetbecher des wenigstens einen Schwingungssensors wenigstens zwei, insb. mehrere, innerhalb des Becherbodens, insb. im wesentlichen radial verlaufende und/oder im wesentlichen uniforme, Schlitze (**511c''**, **512c''**, **513c''**, **514c''**) aufweist.

33. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Dauermagnet des wenigstens einen Schwingungssensors wenigstens zwei, insb. mehrere und/oder zueinander im wesentlichen parallel verlaufende und/oder im wesentlichen uniforme, Schlitze (**511b**, **512b**) aufweist.

34. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, aufweisend wenigstens einen ersten natürlichen Schwingungsmodus, in dem zumindest das Meßrohr Biegeschwingungen in einer gedachten Primär-Schwingungsebene (XZ) ausführen kann.

35. Meßwandler nach einem der Ansprüche 34 bis 34, wobei das Meßrohr im Betrieb mittels des wenigstens einen Schwingungserregers zumindest zeitweise derart angeregt ist, daß es zumindest anteilig, insb. überwiegend oder ausschließlich, in der gedachten Primär-Schwingungsebene oszilliert.

36. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der wenigstens einen Schwingungs-

erreger im Betrieb zumindest zeitweise von einem Schwingungen des Meßrohrs, insb. laterale Biegeschwingungen des Meßrohrs in der gedachten Primär-Schwingungsebene, bewirkenden elektrischen Treibersignal gespeist ist.

37. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei der erste Schwingungssensor (51) und der wenigstens eine Schwingungserreger (41) im wesentlichen baugleich sind.

38. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der wenigstens einen Schwingungserreger (41) wenigstens eine, beispielsweise mit dem Gegenschwinger mechanisch verbundene, insb. starr gekoppelte, Spule (41a) umfaßt.

39. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei der wenigstens eine Schwingungserreger weiters einen mit der Spule (41a) magnetisch gekoppelten Dauermagneten (41b) aufweist, der innerhalb eines zumindest anteilig aus magnetisch leitfähigem Material bestehenden Magnetbecher (41c) plaziert und daselbst an einem, insb. am Meßrohr befestigten, Becherboden (41c') gehalten ist.

40. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei eine, insb. im wesentlichen kreiszylindrisch und/oder rohrförmig ausgebildete, sich vom Becherboden des wenigstens einen Schwingungserregers aus, insb. in Richtung des Gegenschwingers, erstreckende Becherwand (41c'') des Magnetbeckers (41c) des wenigstens einen Schwingungserregers wenigstens einen, insb. sich zumindest abschnittsweise in Richtung von Schwingungen des Meßrohrs (10) relativ zum Gegenschwinger (20) erstreckenden, Schlitz (411c'') aufweist.

41. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei die wenigstens eine Spule (41a) des wenigstens einen Schwingungserregers mit dem Gegenschwinger mechanisch verbunden, insb. starr gekoppelt, ist.

42. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der erste Schwingungssensor (51) einlaßseitig am Meßrohr (10) plaziert ist.

43. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, weiters umfassend wenigstens einen, insb. zum ersten Schwingungssensor (51) im wesentlichen baugleichen, zweiten Schwingungssensor (52).

44. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei der zweite Schwingungssensor (52) auslaßseitig am Meßrohr (10) plaziert ist.

45. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr (10) zumindest teilweise vom Gegenschwinger (20) ummantelt ist.

46. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Gegenschwinger (20) im wesentlichen rohrförmig ist.

47. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Gegenschwinger (20) im wesentlichen gerade ist.

48. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr (10) im wesentlichen gerade ist.

49. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei auch der Gegenschwinger (20) im wesentlichen rohrförmig und im wesentlichen gerade ist.

50. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei Meßrohr (10) und Gegenschwinger (20) zueinander im wesentlichen koaxial ausgerichtet sind.

51. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei auch der Gegenschwinger im Betrieb zumindest zeitweise Biegeschwingungen um die Biegeschwingungsachse ausführt.

52. Meßwandler nach einem der Ansprüche 48 bis 51, wobei das Meßrohr im Betrieb zumindest zeitweise Torsionsschwingungen um eine mit der Biegeschwingungsachse im wesentlichen parallelen, insb. koinzidenten, Torsionsschwingungsachse ausführt.

53. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr (10) sich mit im wesentlichen gleichbleibendem, insb. kreisringförmiger, Querschnitt zwischen den beiden Kopplungszonen (11#, 12#) erstreckt.

54. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr (10) im wesentlichen zylindrisch, insb. kreiszylindrisch, geformt ist.

55. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr (10) über ein einlaßseitig einmündendes Einlaßrohrstück (11) und über ein auslaßseitig einmündendes Auslaßrohrstück (12) mit der Rohrleitung kommuniziert.

56. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, weiters umfassend ein am Einlaßrohrstück (11) und am Auslaßrohrstück (12) fixiertes Wandlergehäuse (30).

57. Meßwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 55, weiters umfassend ein Wandlergehäuse (30).

58. Verwendung eines Meßwandlers gemäß einem der vorherigen Ansprüche in einem In-Line-Meßgerät zum Messen und/oder Überwachen wenigstens eines Parameters, insb. eines Masendurchflusses, m , einer Dichte, ρ , und/oder einer

Viskosität, η , eines in einer Rohrleitung strömenden Mediums, insb. einem Coriolis-Massendurchflußmeßgerät, einem Dichtemeßgerät, einem Viskositätsmeßgerät oder dergleichen.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

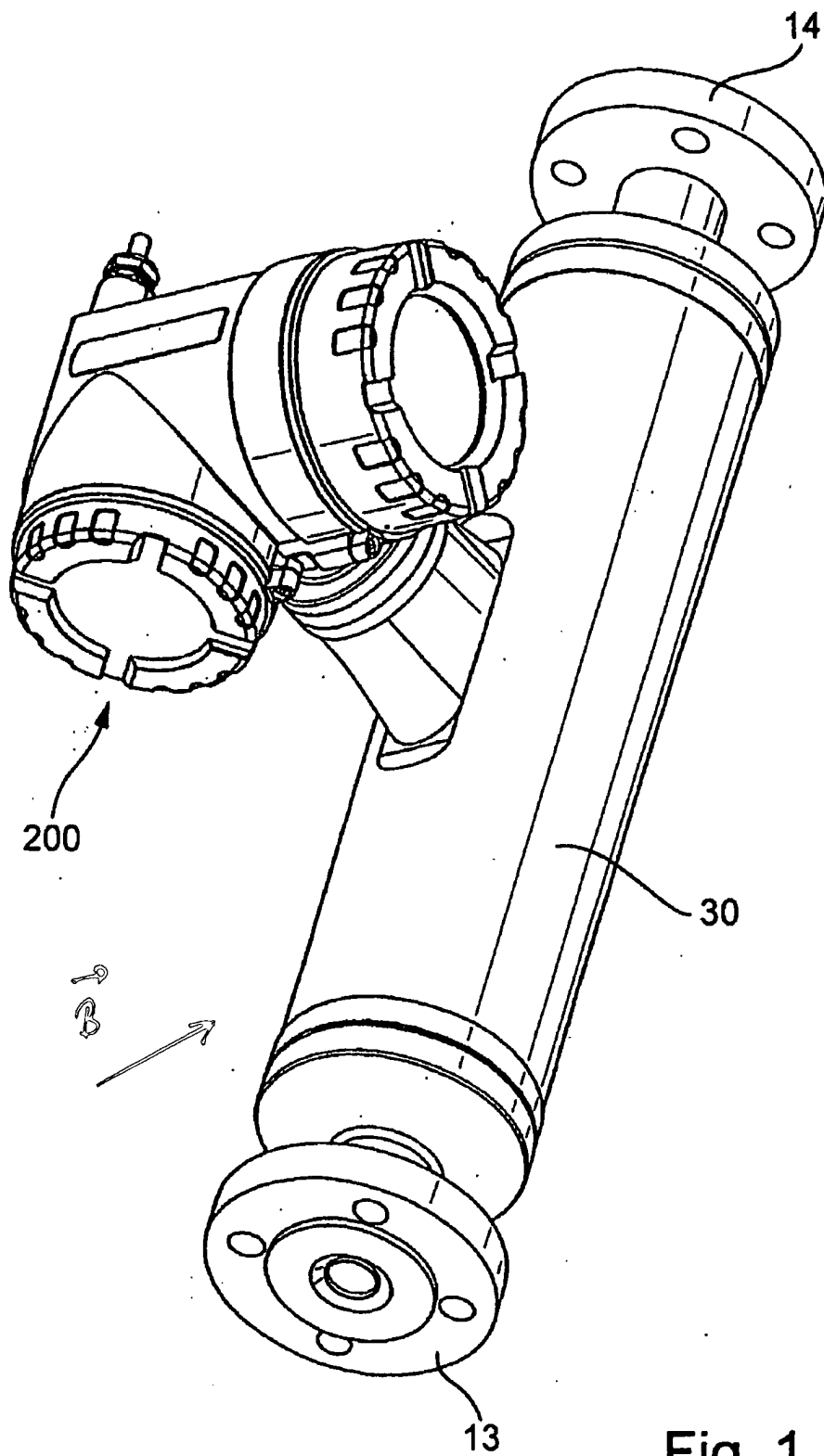


Fig. 1

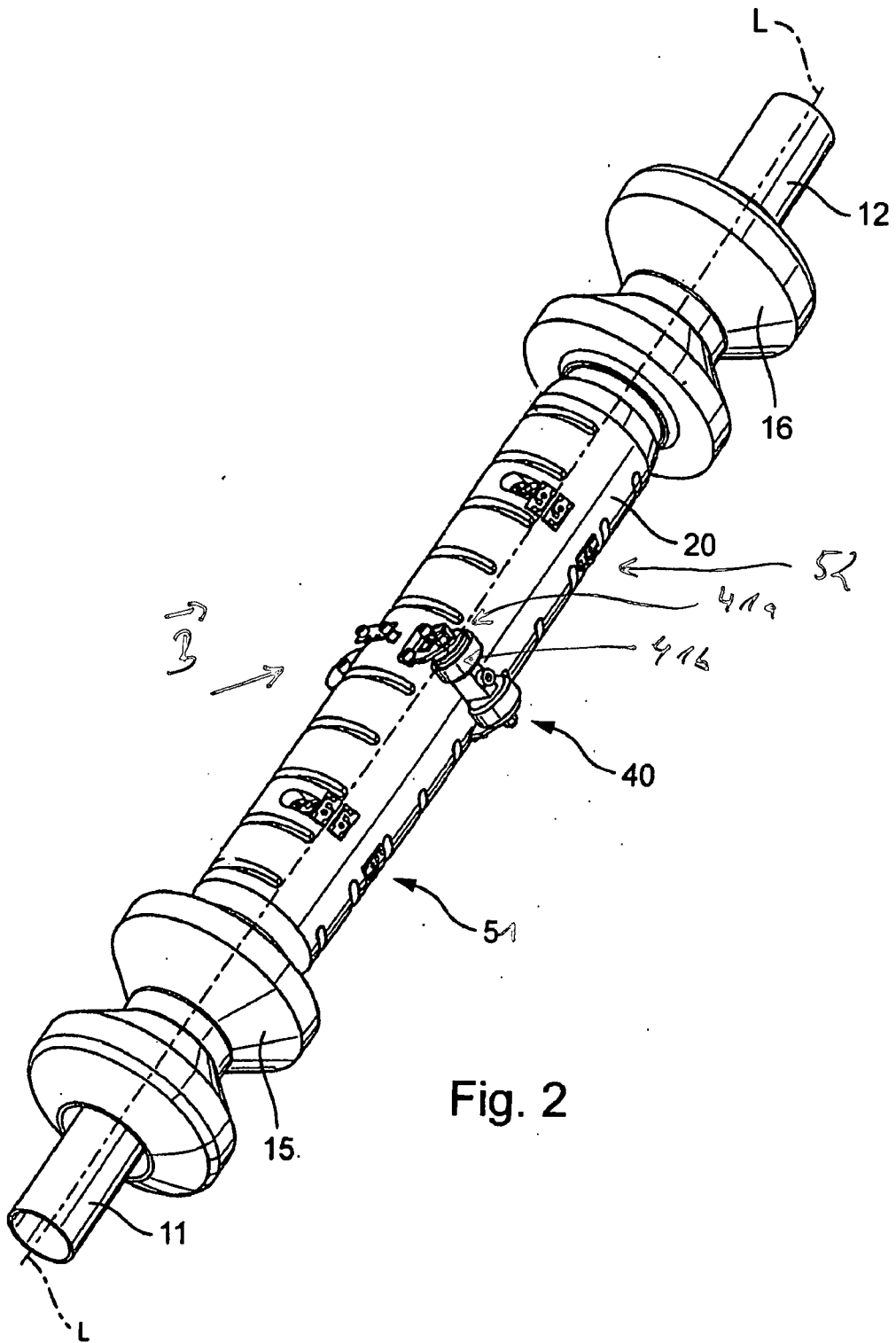


Fig. 2

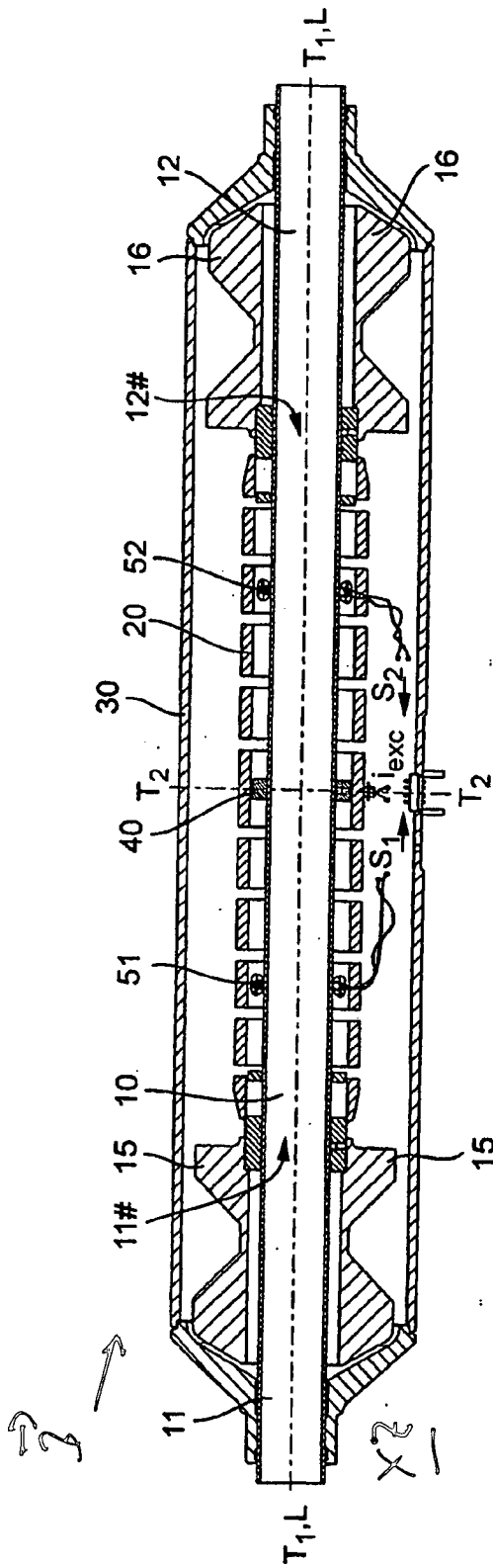


Fig. 3

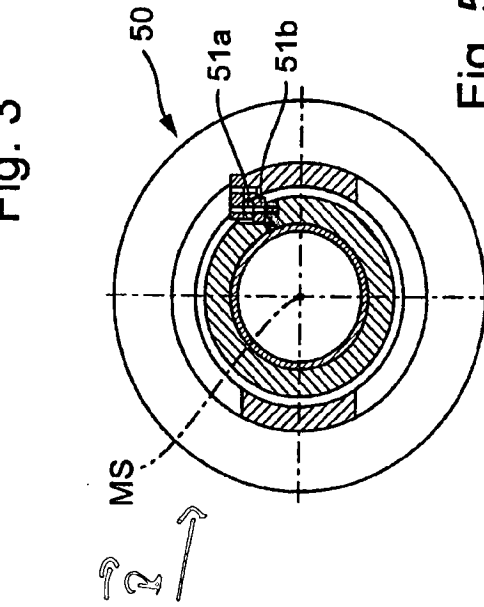


Fig. 5

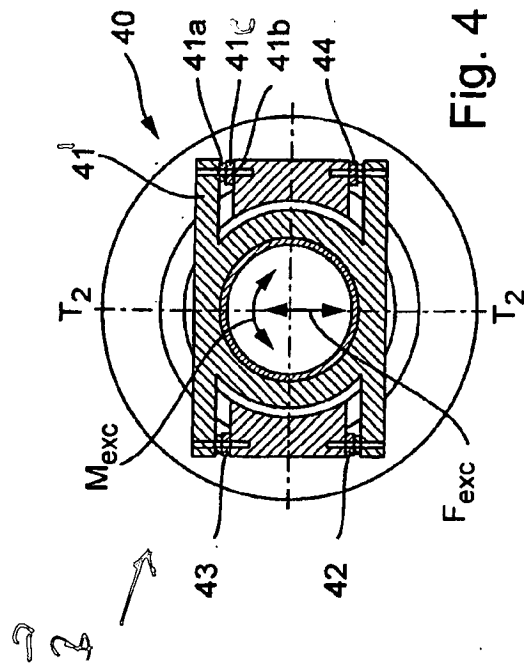


Fig. 4

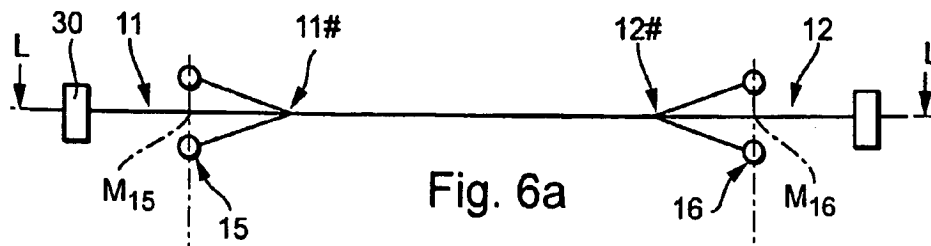


Fig. 6a

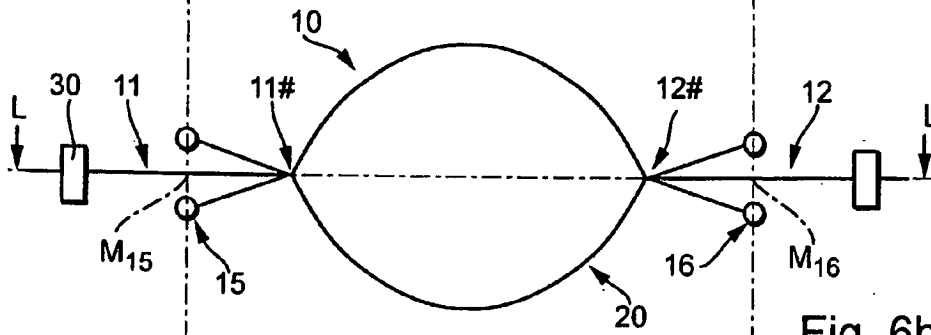


Fig. 6b

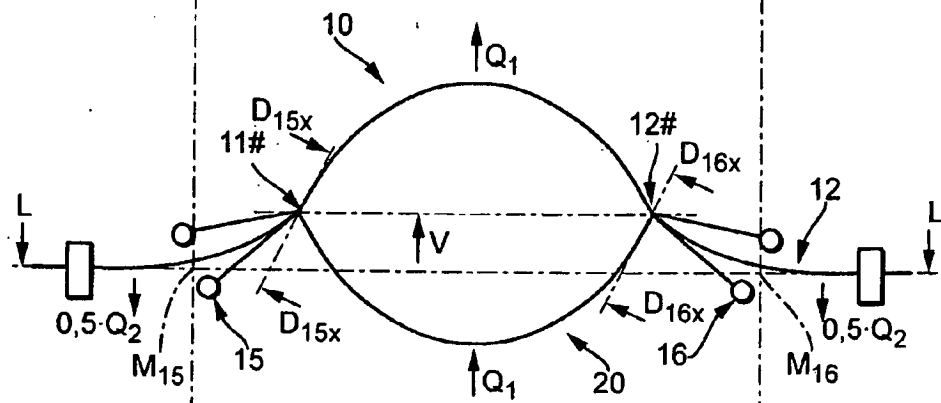


Fig. 6c

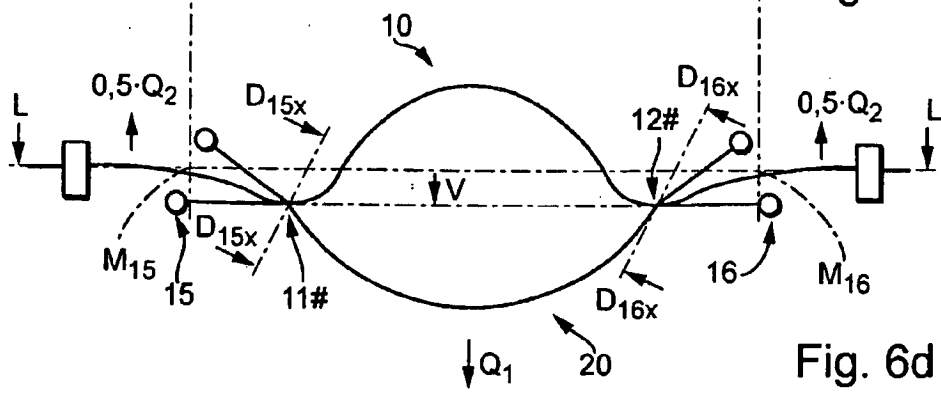
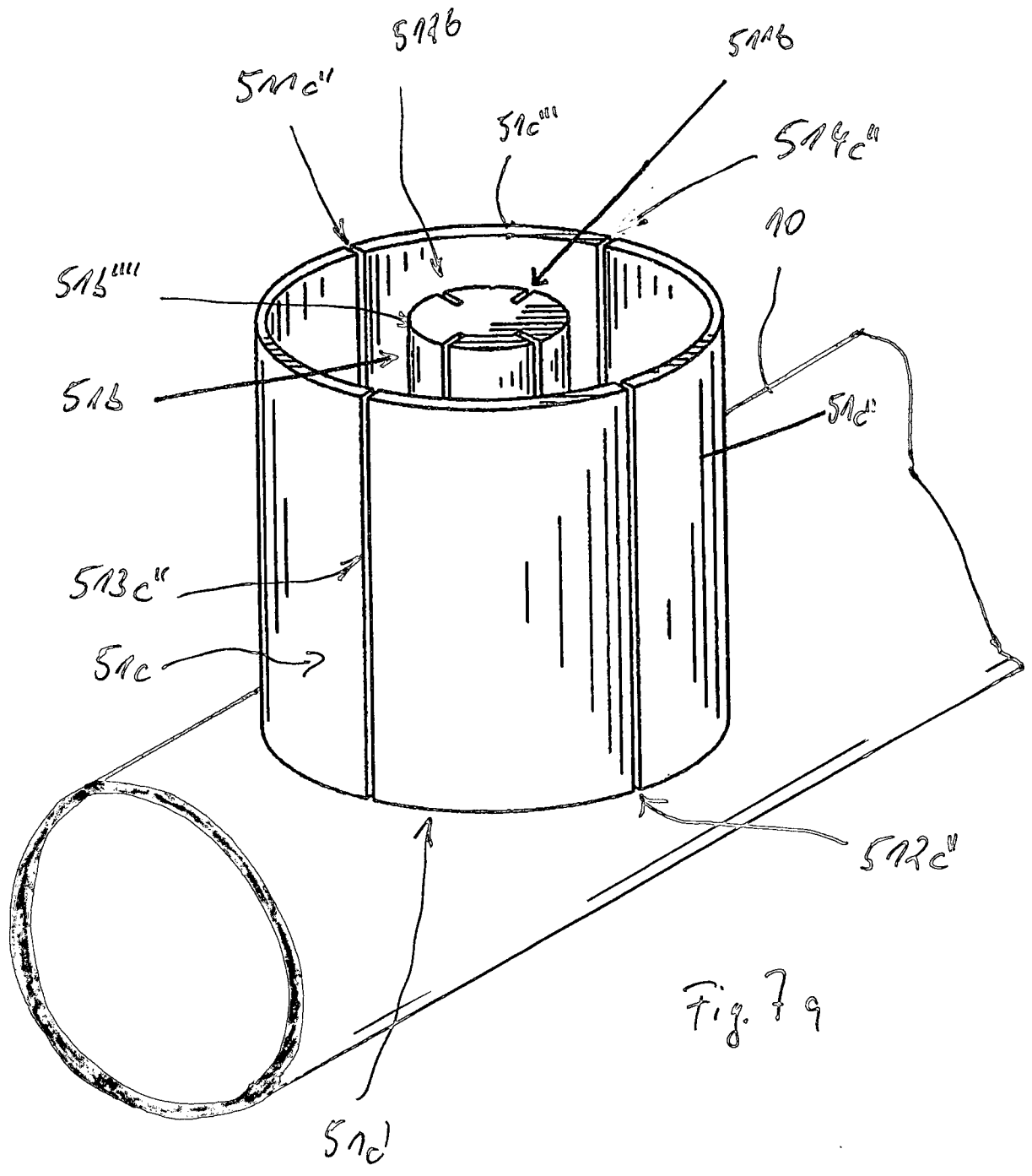


Fig. 6d



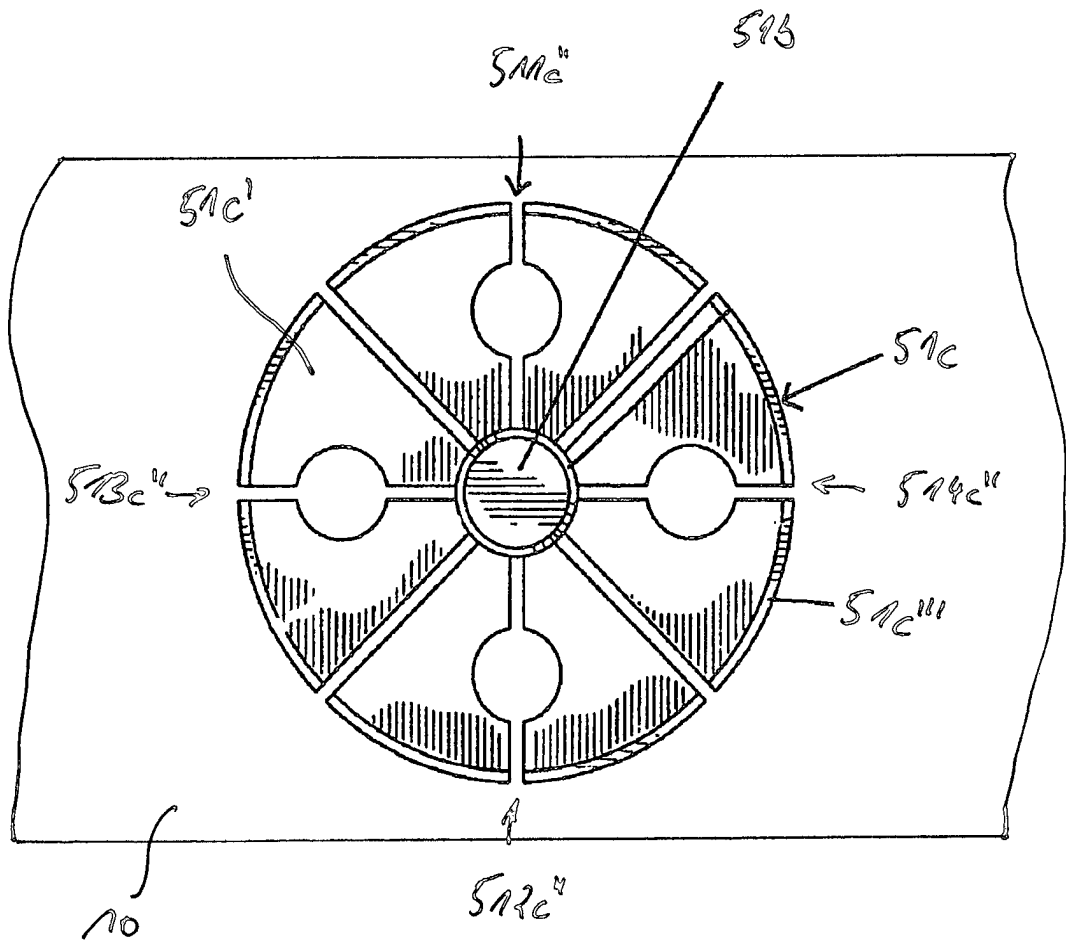
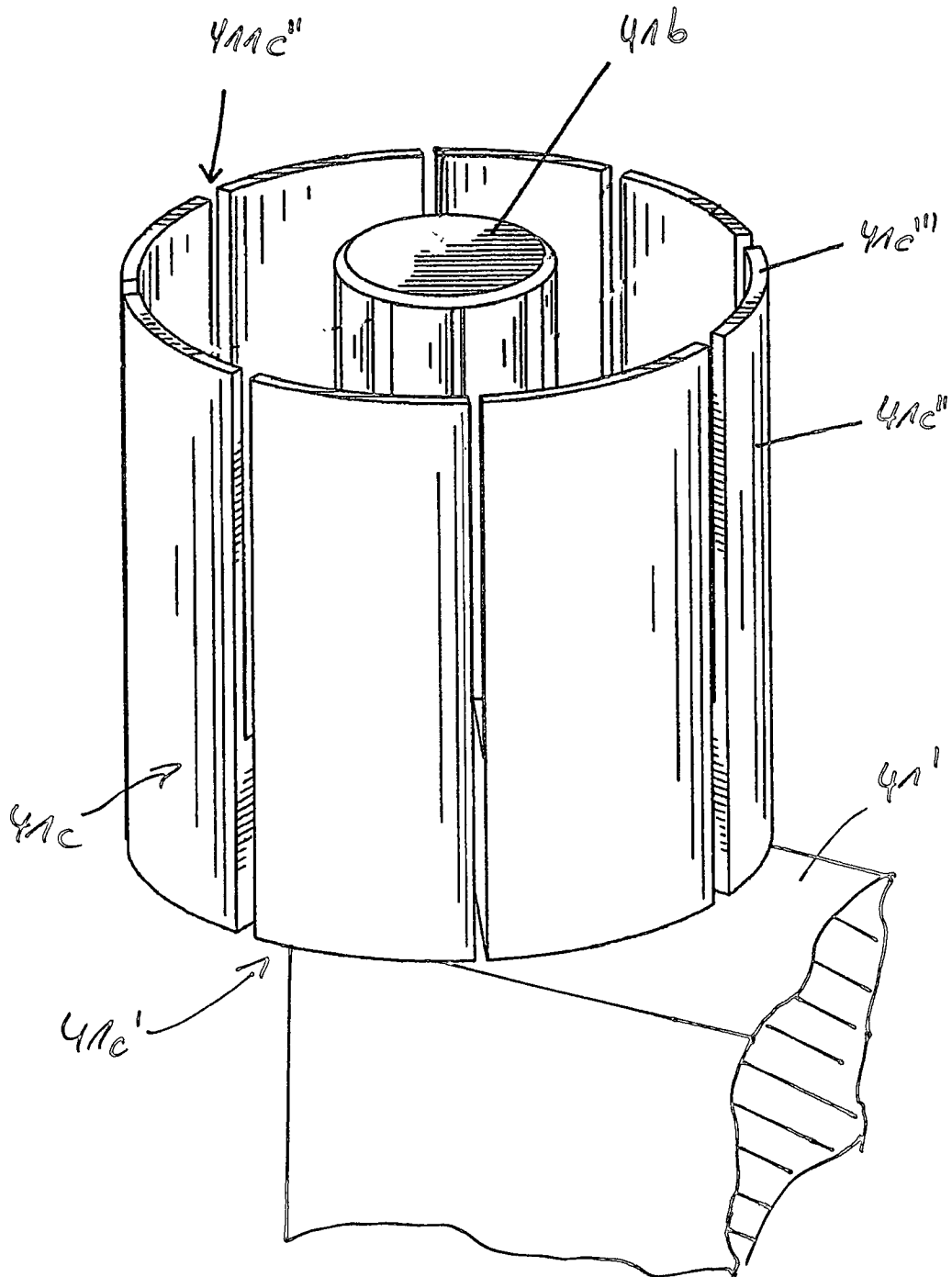


Fig. 76

Fig. 8a



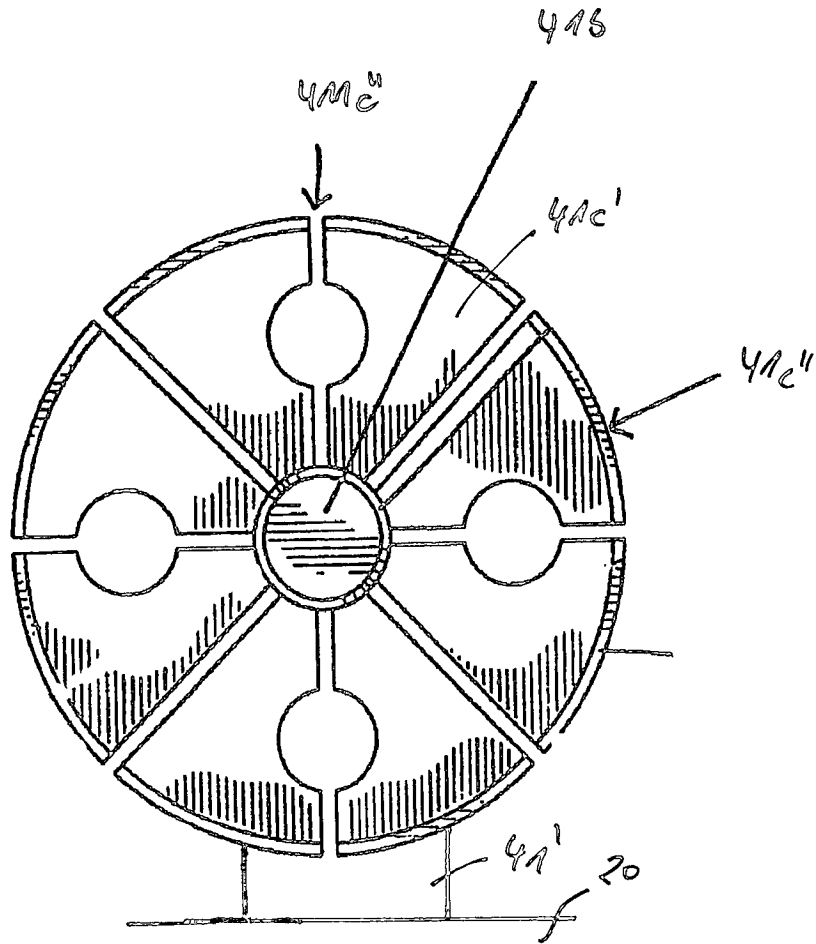


Fig. 86