



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 062 220 A1** 2008.06.26

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 062 220.0**

(22) Anmeldetag: **22.12.2006**

(43) Offenlegungstag: **26.06.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01F 1/84** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Endress + Hauser Flowtec AG, Reinach, CH**

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

**Rieder, Alfred, Dr., 84032 Landshut, DE; Fuchs, Michael, 79427 Eschbach, DE; Probst, Leonhard, Dornach, CH; Wiesmann, Michael, Dr., 85356 Freising, DE**

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

**DE 103 51 311 B3**

**DE10 2005 042677 A1**

**DE10 2004 030392 A1**

**US 67 69 163 B2**

**US 66 84 716 B2**

**US 66 34 241 B1**

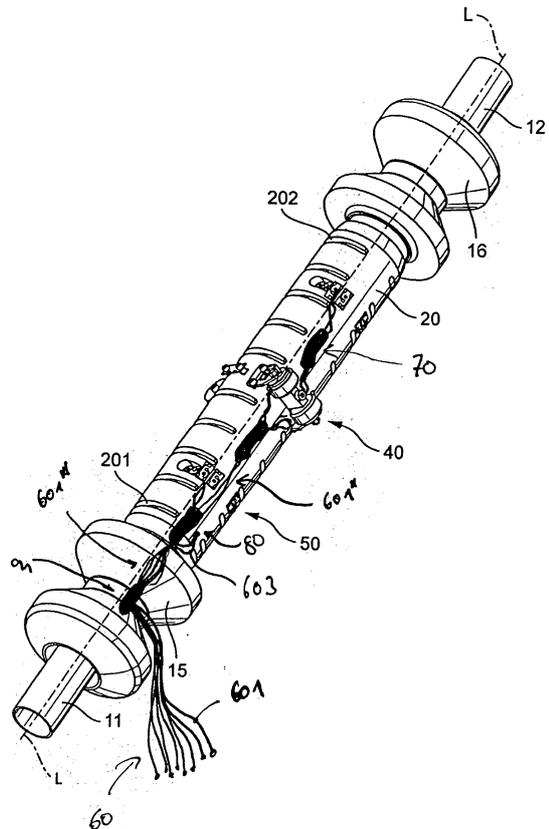
**US 64 87 917 B1**

**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 im Betrieb zumindest zeitweise vibrierendes Messrohr (10) zum Führen des Mediums, wobei das Messrohr (10) über ein einlassseitig einmündendes Einlassrohrstück (11) und über ein auslassseitig einmündendes Auslassrohrstück (12) mit der Rohrleitung kommuniziert, 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, sowie ein am Einlassrohrstück (11) und am Auslassrohrstück (12) fixiertes Wandlergehäuse (30). Eine Erregeranordnung (40) zum Antreiben zumindest des Messrohrs (10) und eine Sensoranordnung (50) zum Erfassen von Schwingungen zumindest des Messrohrs (10) sind jeweils zumindest anteilig am Gegenschwinger (20) gehalten. Des Weiteren ist einlassseitig ein Ausleger (15) im Bereich der Kopplungszone (11#) mit dem Einlassrohrstück (11) und dem Messrohr (10) so gekoppelt, dass der Massenschwerpunkt des Auslegers im Bereich des Einlassrohrstücks (11) liegt, und ist auslassseitig ein Ausleger (16) im Bereich der Kopplungszone (11#) mit dem Auslassrohrstück (11) und dem Messrohr (10) so gekoppelt, dass der Massenschwerpunkt des Auslegers im Bereich des Auslassrohrstücks (11) liegt. Ferner weist der Messwandler Anschlussleitungen (60), insbesondere für die Erregeranordnung und/oder für die Sensoranordnung, auf, wobei an wenigstens einem der beiden Ausleger zumindest eine der ...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen, insb. für eine Verwendung in einem Coriolis-Massedurchflußmesser geeigneten, Meßwandler vom Vibrationstyp.

**[0002]** Zur Ermittlung von Parametern, 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 Meßaufnehmer vom Vibrationstyp sind seit langem bekannt und haben sich gleichermaßen im industriellen Einsatz etabliert. So sind z. B. in der EP-A 317 340, der US-A 53 98 554, der US-A 54 76 013, der US-A 55 31 126, der US-A 56 91 485, US-A 57 05 754, der US-A 57 96 012, der US-A 59 45 609, der US-A 59 79 246, der US-A 60 06 609, der US-B 63 97 685, der US-B 66 91 583, der US-B 68 40 109, der WO-A 99 51 946, WO-A 99 40 394 oder der WO-A 00 14 485, Coriolis-Massedurchflußmesser mit jeweils einem Meßwandler vom Vibrationstyp beschrieben. Jeder der darin gezeigten Meßwandler umfaßt ein einziges gerades, 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, sowie eine Erregeranordnung, die das Meßrohr im Betrieb mittels wenigstens eines darauf einwirkenden elektromechanischen, insb. elektro-dynamischen, Schwingungserregers zu Biegeschwingungen in einer Rohrebene anregt, und eine Sensoranordnung mit, insb. elektro-dynamischen, Schwingungssensoren zum zumindest punktuellen Erfassen einlaßseitiger und auslaßseitiger Schwingungen des Meßrohrs und zum Erzeugen von vom Massedurchfluß beeinflussten elektrischen Sensorsignalen. Zudem weist jeder der gezeigten Meßwandler ein, insb. direkt am Einlaßrohrstück und am Auslaßrohrstück fixiertes, das Meßrohr mit daran gekoppeltem Gegenschwinger sowie die vorgesehene Erreger- und Sensoranordnung umhüllendes Wandlergehäuse auf. 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-B 70 40 179, 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 Innenteil angeordnete Sensoren aufweisen.

**[0003]** Gerade Meßrohre bewirken bekanntlich, zu Biegeschwingungen gemäß einer ersten Eigenschwingungsform – dem sogenannten Antriebs- oder auch Nutz-Mode – angeregt, im hindurchströmenden Medium Corioliskräfte. Diese wiederum führen dazu, daß den angeregten Biegeschwingungen koplanare Biegeschwingungen gemäß einer zweiten Eigenschwingungsform von höherer und/oder niedriger Ordnung – dem sogenannten Coriolis-Mode – überlagert werden und dementsprechend die mittels der Sensoranordnung einlaßseitig und auslaßseitig erfaßten Schwingungen eine auch vom Massedurchfluß abhängige, meßbare Phasendifferenz aufweisen. Üblicherweise werden die Meßrohre derartiger, besonders in Coriolis-Massedurchflußmessern eingesetzten, Meßwandler im Nutzmode auf einer momentanen Resonanzfrequenz der ersten Eigenschwingungsform, insb. bei konstant geregelter Schwingungsamplitude, angeregt. Da diese Resonanzfrequenz insb. 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.

**[0004]** Ein Vorteil gerader Meßrohre besteht z. B. darin, daß sie praktisch in jeder beliebigen Einbaulage, insb. auch nach einer in-line durchgeführten Reinigung, mit hoher Sicherheit rückstandsfrei entleert werden können. Ferner sind solche Meßrohre im Vergleich z. B. zu einem omega-förmig oder helix-förmig gebogenem Meßrohr wesentlich einfacher und dementsprechend kostengünstiger herzustellen. Ein weiterer Vorteil eines in der oben beschriebenen Weise vibrierenden, geraden Meßrohrs ist im Vergleich zu gebogenen Meßrohren z. B. auch darin zu sehen, daß im Meßbetrieb via Meßrohr praktisch keine Torsionsschwingungen in der angeschlossenen Rohrleitung hervorgerufen werden. Demgegenüber besteht ein besonderes Problem vorbeschriebener Meßwandler darin, daß aufgrund wechselseitiger lateraler Auslenkungen des vibrierenden einzigen Meßrohrs gleichfrequent oszillierende Querkräfte auf die Rohrleitung wirken können, und daß diese Querkräfte bisher nur sehr begrenzt und nur mit einem sehr hohen technischen Aufwand kompensiert werden können.

**[0005]** Zur Verbesserung der dynamischen Balance des Meßwandlers, insb. zur Reduzierung solcher durch das vibrierende einzige Meßrohr erzeugten, einlaßseitig und auslaßseitig auf die Rohrleitung einwirkenden Querkräften, umfassen die in der EP-A 317 340, der US-A 53 98 554, der US-A 55 31 126, der US-A 56 91 485, der US-A 57 96 012, US-A 59 79 246, US-A 60 06 609, der US-B 63 97 685, der US-B 66 91 583, der US-B 68 40 109 oder der WO-A 00 14 485 gezeigten Meßwandler jeweils wenigstens einen einstückigen oder mehrteilig ausgeführten Gegenschwinger, der unter Bildung einer ersten Koppelungszone einlaßseitig am Meßrohr fixiert ist und der

unter Bildung einer zweiten Kopplungszone auslässeitig am Meßrohr fixiert ist. Derartige balkenförmig, insb. rohrförmig, oder als mit dem Meßrohr fluchten- des Körperpendel realisierte Gegenschwinger schwingen im Betrieb zum jeweiligen Meßrohr außer Phase, insb. gegenphasig, wodurch die Wirkung der durch Meßrohr und Gegenschwinger jeweils hervorgerufenen seitlichen Querkräfte und/oder Querimpulse auf die Rohrleitung minimiert und ggf. auch völlig unterdrückt werden können.

**[0006]** Bei markgängigen Meßwandlern mit einem einzigen Meßrohr und einem daran gekoppelten Gegenschwinger ist der Schwingungserreger der Erregeranordnung mittels wenigstens einer üblicherweise am Gegenschwinger fixierten, zumindest zeitweise von einem Strom durchflossene und zumindest zeitweise von einem Magnetfeld durchsetzte Spule sowie einem am Meßrohr fixierten, mit der wenigstens eine Spule zusammenwirkenden Anker gebildet. Bei den meisten Meßwandlern der beschriebenen Art sind die Schwingungssensoren der Sensoranordnung nach dem gleichen Prinzip aufgebaut, wie vorgenannte Schwingungserreger. Dementsprechend sind auch die Schwingungssensoren einer solchen Sensoranordnung zumeist jeweils mittels einer Spule mittels wenigstens einer üblicherweise am Gegenschwinger fixierten, zumindest zeitweise von einem Strom durchflossene und zumindest zeitweise von einem Magnetfeld durchsetzte Spule sowie einem am Meßrohr fixierten, mit der wenigstens eine Spule zusammenwirkenden Anker gebildet. Jede der vorgenannten Spulen ist zudem mittels wenigstens eines Paares elektrischer Anschlußleitungen mit der erwähnten Betriebs- und Auswerteelektronik des In-Line-Meßgeräts verbunden. Die Anschlußleitungen sind üblicherweise auf möglichst kurzem Wege von den Spulen über den Gegenschwinger hin zum Wandlergehäuse geführt.

**[0007]** Meßwandler der beschriebenen Art mit einzigem Meßrohr und Gegenschwinger haben sich insb. bei solchen Anwendungen bewährt, bei denen das zu messende Medium eine im wesentlich konstante oder nur in einem sehr geringen Maße veränderliche Dichte aufweist, also bei solchen Anwendungen, bei denen eine auf die angeschlossene Rohrleitung wirkende Resultierende aus den vom Meßrohr erzeugten Querkräften und vom Gegenschwinger erzeugten Gegenkräften vorab ohne weiteres auf Null fest eingestellt werden kann. Demgegenüber weisen solche Meßwandler, insb. gemäß der US-A 55 31 126 oder der US-A 59 69 265, bei Anwendung für Medien mit in einem weiten Bereich schwankender Dichte, z. B. verschiedenen, aufeinanderfolgend zu messenden Medien, wenn auch in geringerem Maße, praktisch den gleichen Nachteil wie Meßwandler ohne Gegenschwinger auf, da vorgenannte Resultierende auch von der Dichte des Mediums abhängig sind und somit in erheblichem Maße von Null verschieden sein kön-

nen. Anders gesagt, auch durch zumindest das Meßrohr und den Gegenschwinger gebildetes Innenteil des Meßwandlers wird im Betrieb aufgrund von dichteabhängigen Unbalancen und damit einhergehenden Querkräften aus einer zugewiesenen statischen Ruhelage global ausgelenkt.

**[0008]** Ein Möglichkeit zur Reduzierung von dichteabhängigen Querkräften ist z. B. in der US-A 52 87 754, der US-A 57 05 754, der US-A 57 96 010 oder der US-B 69 48 379 beschrieben. Bei den dort gezeigten Meßwandlern werden die seitens des vibrierenden einzigen Meßrohrs erzeugten, eher mittel- oder hochfrequent oszillierenden Querkräfte mittels eines im Vergleich zum Meßrohr sehr schweren Gegenschwingers und ggf. einer relativ weichen Ankopplung des Meßrohrs an die Rohrleitung, also praktisch mittels eines mechanischen Tiefpasses, von der Rohrleitung, fern gehalten. Ein großer Nachteil eines solchen Meßwandlers besteht u. a. aber darin, daß die zur Erzielung einer ausreichend robusten Dämpfung erforderliche Masse des Gegenschwingers überproportional mit Nennweite des Meßrohrs steigt. Umgekehrt ist bei Verwendung eines solch massiger Gegenschwingers aber auch sicherzustellen, daß eine mit zunehmender Masse immer niedriger werdende minimale Eigenfrequenz des Meßwandlers nach wie vor weitab von den ebenfalls sehr niedrigen Eigenfrequenzen der angeschlossenen Rohrleitung liegt. Verschieden weiterführende Möglichkeiten zur Reduzierung der dichteabhängigen Querkräfte, sind z. B. in der US-A 59 79 246, der US-B 63 97 685, der US-B 66 91 583, der US-B 68 40 109, der WO-A 99 40 394 oder in der WO-A 00 14 485 vorgeschlagen. Bei den gezeigten Kompensationsmechanismen geht im Kern darum, eine Bandbreite, innerhalb der Gegenschwinger und Ausleger wirksam sind, durch ein geeignetes Zusammenspiel der einzelnen Komponenten des Innenteils des Meßwandlers zu erweitern. Im besonderen ist aus der US-B 63 97 685 ein Meßwandler der vorgenannten Art bekannt, bei dem als massenmäßige Ausgleichsmaßnahme für die Anregungs-Schwingung eine erste Ausgleichsmasse vorgesehen und in der senkrecht zur Längsachse stehenden Mittelebene des als Kompensationszylinders ausgebildeten Gegenschwingers mit diesem verbunden ist und als massenmäßige Ausgleichsmaßnahme für die Coriolis-Schwingung eine zweite Ausgleichsmasse und eine dritte Ausgleichsmasse vorgesehen sind und die zweite Ausgleichsmasse und die dritte Ausgleichsmasse als endseitige Bereiche des Gegenschwingers ausgebildet sind. Auf diese Weise soll erreicht werden, daß das aus dem Meßrohr und dem Kompensationszylinder bestehende schwingungsfähige Innenteil sowohl für die Anregungs-Schwingungen des Meßrohres als auch für die Coriolis-Schwingungen des Meßrohres massenmäßig zumindest weitestgehend ausgeglichen ist. Aus der WO-A 00 14 485 ist ferner ein Meßwandler vom Vibrationstyp für

ein in einer Rohrleitung strömendes Medium beschrieben, bei dem ein einlaßseitiger erster Ausleger, der im Bereich einer zwischen der ersten und zweiten Kopplungszone liegenden dritten Kopplungszone mit dem Meßrohr gekoppelt ist, und der einen im Bereich des Meßrohrs liegenden Massenschwerpunkt aufweist, sowie ein auslaßseitiger zweiter Ausleger, der im Bereich einer zwischen der ersten und zweiten Kopplungszone liegenden vierten Kopplungszone mit dem Meßrohr gekoppelt ist, und der einen im Bereich des Meßrohrs liegenden Massenschwerpunkt aufweist, vorgesehen sind. Jeder der beiden Ausleger ist dafür vorgesehen, Ausgleichsschwingungen auszuführen, die so ausgebildet sind, daß die Querimpulse kompensiert werden und somit ein Massenzentrum eines aus Meßrohr, Erregeranordnung, Sensoranordnung und den beiden Auslegern gebildeten Innenteils ortsfest gehalten wird. Ferner ist in der WO-A 99 40 394 ein Meßwandler der vorgenannten Art beschrieben, bei dem ein dem Erzeugen von den Querkräften einlaßseitig entgegenwirkenden Gegenkräften dienender erster Ausleger sowie ein dem Erzeugen von den Querkräften auslaßseitig entgegenwirkenden Gegenkräften dienender zweiter Ausleger vorgesehen sind. Dabei sind der erste Ausleger sowohl im Bereich der ersten Kopplungszone am Meßrohr als auch einlaßseitig am Wandlergehäuse und der zweite Ausleger sowohl im Bereich der zweiten Kopplungszone am Meßrohr als auch auslaßseitig am Wandlergehäuse fixiert, so daß die Gegenkräfte so ausgebildet sind, daß das Meßrohr trotz der erzeugten Querkräften in einer zugewiesenen statischen Ruhelage festgehalten wird. Schließlich sind in der US-B 66 91 583 und der US-B 68 40 109 jeweils Meßwandler gezeigt, bei denen jeweils ein im Bereich der ersten Kopplungszone im wesentlichen starr an Meßrohr, Gegenschwinger und Einlaßrohrstück fixierter erster Ausleger und ein im Bereich der zweiten Kopplungszone im wesentlichen starr an Meßrohr, Gegenschwinger und Auslaßrohrstück fixierter zweiter Ausleger vorgesehen sind. Die beiden, insb. symmetrisch zur Mitte des Meßrohrs angeordneten, Ausleger dienen hier dazu, im Ein- bzw. Auslaßrohrstück dynamisch Biegemomente zu erzeugen, wenn das vibrierende Meßrohr zusammen mit dem Gegenschwinger und insoweit auch die beiden Kopplungszone aus ihrer jeweils zugewiesenen statischen Ruhelage lateral verschoben werden, wobei die Biegemomente so ausgebildet sind, daß im sich verformenden Einlaßrohrstück und im sich verformenden Auslaßrohrstück Impulse erzeugt werden, die den im vibrierenden Meßrohr erzeugten Querimpulsen entgegengerichtet sind. Die beiden Ausleger sind dafür so ausgebildet und im Meßwandler so angeordnet, daß ein im Bereich des Einlaßrohrstücks liegender Massenschwerpunkt des ersten Auslegers und ein im Bereich des Auslaßrohrstücks liegender Massenschwerpunkt des zweiten Auslegers, trotzdem das Meßrohr aus seiner zugewiesenen statischen Ruhelage lateral verschoben ist, im wesentli-

chen ortsfest in einer statischen Ruhelage verbleibt. Das Grundprinzip dieses Kompensationsmechanismus besteht darin, eher störend auf die Messungen und/oder die angeschlossene Rohrleitung wirkende laterale Verschiebebewegungen des vibrierenden Meßrohrs, die dessen primären, die Meßeffekte bewirkenden Verformungen überlagert sind, in den Meßwandler dynamisch ausbalancierende, gegenläufige Verformungen des Ein- und Auslaßrohrstücks umzuwandeln und so weitgehend zu eliminieren. Durch eine geeignete Abstimmung des Innenteils können die Verformungen von Ein- und Auslaßrohrstück so ausgebildet werden, daß die Querimpulse weitgehend unabhängig von momentanen Schwingungsamplituden und/oder -frequenzen des Meßrohrs einander kompensieren. In entsprechender Weise können somit auch die durch das vibrierende Meßrohr erzeugten Querkräfte mittels vom sich verformenden Einlaßrohrstück und vom sich verformenden Auslaßrohrstück erzeugter Querkräfte im wesentlichen kompensiert werden.

**[0009]** Untersuchungen an Meßaufnehmern der beschriebenen Art haben allerdings ergeben, daß trotzdem das Innenteil im obigen Sinne auch bei schwankender Dichte nahezu perfekt mechanisch ausbalancierbar ist, nach wie vor erheblich Störungen in den Schwingungsmeßsignale auftreten können. Im besonderen hat sich zunächst gezeigt, daß diese Störungen nicht nur gleichfrequent zu den Schwingungen des Meßrohrs sondern daß sich diese Störungen unglücklicherweise auch direkt in der für die Massendurchflußmessung essentielle Phasendifferenz niederschlagen und somit zu einer nicht unerheblichen Verfälschung des Meßergebnisses führen können. Zudem können diese Störungen in eher nicht reproduzierbarer und insoweit nicht ohne weiteres vorhersehbarer Weise auftreten. Damit einhergehend ist eine nachträgliche, beispielsweise auch algorithmische, Kompensation dieser Störungen der Meßsignale nahezu unmöglich. Weiterführende Untersuchungen haben zudem gezeigt, daß die Störungen der vorgenannten Art zumindest mittelbar von den oben genannten Anschlußleitungen verursacht sind.

**[0010]** Ferner hat sich gezeigt, daß besonders in den Abschnitten der Anschlußleitungen, die zwischen dem Innenteil und dem Wandlergehäuse praktisch freischwingend verlegt sind, bei schwingendem Innenteil aufgrund von Relativbewegungen der einzelnen Anschlußleitungen untereinander, kapazitive und induktive Leitungs- und/oder Streuimpedanzen im zeitlichen Verlauf verändert und infolgedessen Störspannungen bzw. -ströme direkt in den Anschlußleitungen induziert werden. Darüber hinaus ist erkannt worden, daß bei herkömmlicher Verlegung der Anschlußleitungen – beispielsweise entlang eines Abschnitts des Gegenschwingers weiter über eine zwischen zwei Abspannpunkten für die jeweilige Anschlußleitung gebildete "Freiluftstrecke" hin zum

Wandlergehäuse – allein aufgrund der Dämpfungswirkung der vergleichsweise dünnen, bewegten Leitungsdrähte und -isolierungen jedem der beiden Sensorsignale eine zusätzliche Phasenverschiebung aufgeprägt wird, und zwar in einer die Phasendifferenz verändernden Weise; dies im besonderen auch trotz wirksamer Unterdrückung lateraler Verschiebungen des mittels Meßrohr und Gegenschwinger gebildeten Innenteils relativ zum Wandlergehäuse infolge schwankender Dichte. Anders gesagt wird durch die Anschlußleitung der Nullpunkt des Meßwandlers insoweit beeinflußt, daß auch bei nicht von Medium durchströmtem Meßrohr vom Meßwandler fälschlicherweise ein von Null verschiedener Massendurchfluß detektiert würde. Erschwerend kommt hinzu, daß diese durch die Anschlußleitungen verursachten Nullpunktverschiebungen in durchaus erheblichem Maße von der Betriebstemperatur und/oder -dauer des Meßaufnehmers abhängig sind.

**[0011]** Im Zusammenhang mit den von den Anschlußleitungen verursachten Störungen hat sich im besonderen vorgenannte "Freiluftstrecke" als störungsverursachender und insoweit für die Meßgenauigkeit neuralgischer Bereich herausgestellt, dies überraschender Weise auch für solche Innenteile mit einem vergleichsweise massiven und schweren Gegenschwinger. In vorgenanntem Bereich nämlich sind Innenteil und Wandlergehäuse über die Anschlußleitungen, zwar eher schwach, jedoch für die vorgenannte Nullpunktinstabilität in nicht unerheblichem Maße miteinander mechanisch gekoppelt. Durch die Relativbewegung der beiden, die freischwingenden Leitungsabschnitte jeweils abfangenden Abspannpunkte bei schwingendem Innenteil entfalten die dadurch zwangsläufig verformten und/oder bewegten Leitungsabschnitte ihre Dämpfungswirkung dabei unglücklicherweise in der Weise, daß die Phasendifferenz zwischen den beiden Sensorsignalen verändert wird. Es konnte hierbei zwar festgestellt werden, daß durch Zusammenfassen der Anschlußleitungen zu einem Kabelbaum einhergehend mit einer Platzierung des einen der vorgenannten Abspannpunkte nahe eines Schwingungsknoten des oben erwähnten Coriolis-Modes – also praktisch am Zentrum des Gegenschwingers – eine gewisse Verringerung der Störungen erzielt werden kann. Allerdings war leider auch festzustellen, daß vorgenannter Nullpunktfehler schon bei einer sehr geringen Abweichung von der perfekt mittigen Position, insb. auch in der Größenordnung fertigungs- und/oder montageteknisch darstellbarer Toleranzen, und damit einhergehend einer geringfügigen Exzentrizität der wirksamen Dämpfungskraft oder auch einer geringfügigen Asymmetrie eines Dämpfungskraftbelages bezüglich des erwähnten Schwingungsknotens wieder von beträchtlichem Ausmaß ist; dies bei einem mit erheblicher Amplitude oszillierendem Gegenschwinger um so mehr.

**[0012]** Im übrigen ist vorgenannte "Freiluftstrecke" wegen der über die gesamte Betriebsdauer gesehen hohen Schwingspielzahl des Innenteils auch ein mechanisch hoch beanspruchter Teil der Anschlußleitungen, dem durch eine entsprechende Auswahl widerstandsfähiger Materialien für die Leitungsdrähte und -isolierungen wie auch eine entsprechende Materialstärke Rechnung zu tragen ist. Dementsprechend können die Anschlußleitungen sowohl aus Gründen der elektrischen wie auch der mechanischen Festigkeit nicht beliebig dünn gehalten sein und damit einhergehend im Sinne des Nullpunktfehlers nicht ohne weiteres mechanisch unwirksam gemacht werden.

**[0013]** Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, die Art der Halterung und Verlegung von Anschlußleitungen für Meßaufnehmer vom Vibrationstyp dahingehend zu verbessern, daß der schädliche Einfluß der Anschlußleitungen auf die Meßgenauigkeit von solchen Meßaufnehmern, insb. auf deren jeweiligen Nullpunkt, weitgehend unterdrückt oder zumindest deutlich minimiert werden kann.

**[0014]** Zur Lösung der Aufgabe besteht die Erfindung in einem Meßwandler vom Vibrationstyp für ein in einer Rohrleitung strömendes Medium, welcher Meßwandler ein im Betrieb zumindest zeitweise vibrierendes Meßrohr zum Führen des Mediums, wobei das Meßrohr über ein einlaßseitig einmündendes Einlaßrohrstück und über ein auslaßseitig einmündendes Auslaßrohrstück mit der Rohrleitung kommuniziert, 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, einen ersten Ausleger, der im Bereich der ersten Kopplungszone mit dem Einlaßrohrstück und dem Meßrohr gekoppelt ist, und der einen im Bereich des Einlaßrohrstücks liegenden Massenschwerpunkt aufweist, und einen zweiten Ausleger, der im Bereich der zweiten Kopplungszone mit dem Auslaßrohrstück und dem Meßrohr gekoppelt ist, und der einen im Bereich des Auslaßrohrstücks liegenden Massenschwerpunkt aufweist, eine zumindest anteilig am Gegenschwinger gehalterte Sensoranordnung zum Erfassen von Schwingungen zumindest des Meßrohrs, eine zumindest anteilig am Gegenschwinger gehalterte Erregeranordnung zum Antreiben zumindest des Meßrohrs, ein am Einlaßrohrstück und am Auslaßrohrstück fixiertes Wandlergehäuse, sowie Anschlußleitungen, insb. für die Erregeranordnung und/oder für die Sensoranordnung, umfaßt. Darüber hinaus ist beim erfindungsgemäßen Meßwandler vorgesehen, daß an wenigstens einem der beiden Ausleger zumindest eine der Anschlußleitungen gehaltert ist.

**[0015]** Des weiteren besteht die Erfindung in einem, beispielsweise als Coriolis-Massendurchflußmeßge-

rät, Dichtemeßgerät, Viskositätsmeßgerät oder dergleichen ausgebildeten, In-Line-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.

**[0016]** Nach einer ersten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß zumindest die wenigstens eine am Ausleger gehalterte Anschlußleitung im weiteren Verlauf auch entlang einer inneren Wandoberfläche des Wandlergehäuses verlegt und zumindest punktuell daran fixiert ist. Gemäß einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung verläuft ein Abschnitt der wenigstens einen am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung zwischen zwei Abspannpunkten, von denen ein erster Abspannpunkt auf dem die Anschlußleitung haltenden Ausleger und ein zweiter Abspannpunkt am Wandlergehäuse angeordnet ist. Im besonderen sind die beiden Abspannpunkte dabei so angeordnet, daß ein relativer Abstand dazwischen auch bei vibrierendem Meßrohr im wesentlichen unverändert bleibt. Des weiteren ist vorgesehen, daß der zwischen den beiden Abspannpunkten verlaufende Abschnitt der wenigstens einen am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung im wesentlichen freischwingend verlegt und/oder im wesentlichen, insb. dauerhaft, frei von Zugspannungen gehalten ist.

**[0017]** Nach einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß zumindest die wenigstens eine am Ausleger gehalterte Anschlußleitung im weiteren Verlauf auch entlang zumindest eines Abschnitts des Gegenschwingers verlegt und zumindest punktuell daran fixiert ist.

**[0018]** Nach einer dritten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Meßrohr und Gegenschwinger im Betrieb zumindest zeitweise und/oder anteilig in einem Nutzmode lateral oszillieren, in dem sie im wesentlichen koplanare Biegeschwingungen in einer gemeinsamen gedachten Schwingungsebene ausführen. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist die wenigstens eine am Ausleger gehalterte Anschlußleitung zumindest anteilig außerhalb der gemeinsamen Schwingungsebene von Meßrohr und Gegenschwinger am Ausleger und/oder am Gegenschwinger fixiert.

**[0019]** Nach einer vierten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr im Betrieb zumindest zeitweise Biegeschwingungen um eine gedachte Biegeschwingungsachse ausführt, die die beiden Kopplungszonen imaginär miteinander verbindet. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß auch der Gegenschwinger im Betrieb zumindest zeitweise Biegeschwingungen um eine Biegeschwingungsachse

ausführt, und wobei die wenigstens eine am Ausleger gehalterte Anschlußleitung zumindest anteilig, insb. überwiegend, entlang einer sich bei Biegeschwingungen dem Gegenschwinger im wesentlichen nicht verzerrenden neutralen Faser des Gegenschwingers an selbigem fixiert ist.

**[0020]** Nach einer fünften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr im wesentlichen gerade ist. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung sind Meßrohr und Gegenschwinger zueinander im wesentlichen koaxial ausgerichtet.

**[0021]** Nach einer sechsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß Meßrohr im wesentlichen gerade ist und im Betrieb zumindest zeitweise Biegeschwingungen um eine Biegeschwingungsachse und zumindest zeitweise Torsionsschwingungen um eine mit der Biegeschwingungsachse im wesentlichen parallelen, insb. koinzidierenden, Torsionsschwingungsachse ausführt.

**[0022]** Nach einer siebenten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr im Betrieb zumindest zeitweise Biegeschwingungen um eine gedachte Biegeschwingungsachse und jeder der beiden Ausleger im Betrieb zumindest zeitweise Dreh- schwingungen um eine im wesentlichen quer zur Biegeschwingungsachse verlaufende gedachte Drehachse ausführen.

**[0023]** Nach einer achten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr im Betrieb zumindest zeitweise Biegeschwingungen um eine gedachte Biegeschwingungsachse ausführt und daß die Kopplungszonen bei vibrierendem Meßrohr zumindest zeitweise lateral aus einer statischen Ruhelage bewegt sind. Ferner sind die Ausleger dabei so ausgebildet, daß jeder der beiden Ausleger infolge des lateralen Bewegens der Kopplungszonen Dreh- schwingungen um eine im wesentlichen quer zur Biegeschwingungsachse verlaufende, imaginäre Drehachse ausführt. Im besonderen weist jeder der beiden Ausleger wenigstens einen Ruhepunkt aufweist, der auch bei lateral bewegten Kopplungszonen im wesentlichen ortsfest in einer zugehörigen statischen Ruhelage verharrt und/oder der einen relativen Abstand zu einem sowohl vom Einlaßrohrstück als auch vom Auslaßrohrstück entfernten Bereich des Wandlergehäuses im wesentlichen beibehält. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß die wenigstens eine am Ausleger gehalterte Anschlußleitung zumindest anteilig innerhalb von dessen wenigstens einem Ruhebereich gehaltert ist. Alternativ oder in Ergänzung dazu ist vorgesehen, daß ein Abschnitt der wenigstens einen am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung zwischen zwei Abspannpunkten im wesentlichen freischwingend verläuft, von denen zumindest ein erster

Abspannpunkt auf dem die Anschlußleitung halternden Ausleger, insb. innerhalb von dessen wenigstens einem Ruhebereich und/oder mit dem wenigstens einen Ruhepunkt koinzidierend, angeordnet ist. Ein zweiter Abspannpunkt für die wenigstens eine am Ausleger gehalterte Anschlußleitung kann dabei, insb. vis-a-vis des ersten Abspannpunktes, am Wandlergehäuse angeordnet sein.

**[0024]** Nach einer neunten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die wenigstens eine am Ausleger gehalterte Anschlußleitung zumindest anteilig, insb. überwiegend, adhäsiv am Ausleger fixiert ist.

**[0025]** Nach einer zehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß am ersten Ausleger zumindest eine erste Anschlußleitung und am zweiten Ausleger eine zweite Anschlußleitung gehalten sind.

**[0026]** Nach einer elften Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß die beiden Anschlußleitungen zumindest entlang des jeweils halternden Auslegers in gleicher Weise verlegt und/oder zumindest am jeweils halternden Ausleger in gleicher Weise fixiert und/oder zueinander im wesentlichen symmetrisch, insb. zumindest bezüglich einer Trägheitshauptachse des Gegenschwingers spiegelsymmetrisch, verlegt sind.

**[0027]** Nach einer zwölften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß sämtliche Anschlußleitungen am selben Ausleger gehalten sind.

**[0028]** Nach einer dreizehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß zumindest zwei der Anschlußleitungen zu einem Leitungspaar zusammengefaßt sind, und daß das wenigstens eine Leitungspaar an zumindest einem der Ausleger gehalten ist.

**[0029]** Nach einer vierzehnten Ausgestaltung der Erfindung umfaßt der Meßwandler weiters wenigsten einen am Gegenschwinger fixierten Temperatursensor sowie Anschlußleitungen dafür, von denen zumindest eine zumindest anteilig an wenigstens einem der beiden Ausleger gehalten ist.

**[0030]** Nach einer fünfzehnten Ausgestaltung der Erfindung umfaßt die Erregeranordnung wenigsten eine Spule sowie Anschlußleitungen dafür, von denen zumindest eine zumindest anteilig an wenigstens einem der beiden Ausleger gehalten ist. In vorteilhafter Weise ist die wenigstens eine Spule der Erregeranordnung mit dem Gegenschwinger mechanisch, insb. starr, gekoppelt.

**[0031]** Nach einer sechzehnten Ausgestaltung der Erfindung umfaßt die Sensoranordnung wenigsten eine Spule sowie Anschlußleitungen dafür, von de-

nen zumindest eine zumindest anteilig an wenigstens einem der beiden Ausleger gehalten ist. In vorteilhafter Weise ist die wenigstens eine Spule der Sensoranordnung mit dem Gegenschwinger mechanisch, insb. starr, gekoppelt.

**[0032]** Nach einer siebzehnten Ausgestaltung der Erfindung umfaßt der Meßwandler weiters wenigsten einen am Meßrohr fixierten Temperatursensor und/oder wenigstens einen am Meßrohr fixierten Dehnungssensor sowie Anschlußleitungen dafür, von denen zumindest eine zumindest anteilig an wenigstens einem der beiden Ausleger gehalten ist.

**[0033]** Nach einer achtzehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß zumindest eine, insb. sämtlich, der am wenigstens eine Ausleger gehaltenen Anschlußleitungen im Betrieb zumindest zeitweise elektrischen Strom führen.

**[0034]** Nach einer neunzehnten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß an einem der beiden Ausleger sämtliche der Anschlußleitungen gehalten sind.

**[0035]** Nach einer zwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß entweder an jedem der beiden Ausleger zumindest eine der Anschlußleitungen gehalten ist oder daß an einem der beiden Ausleger keine der Anschlußleitungen gehalten ist.

**[0036]** Nach einer einundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr zumindest teilweise vom Gegenschwinger ummantelt ist.

**[0037]** Nach einer zweiundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Gegenschwinger im wesentlichen rohrförmig ist.

**[0038]** Nach einer dreiundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß Meßrohr, Einlaßrohrstück und dem Auslaßrohrstück jeweils durch Segmente eines einzigen, einstückigen Rohres gebildet sind.

**[0039]** Nach einer vierundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß jeder der Ausleger zumindest anteilig unmittelbar am Gegenschwinger fixiert ist.

**[0040]** Nach einer fünfundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß jeder der Ausleger mittels einer auf den Gegenschwinger aufgeschobenen Hülse gebildet ist.

**[0041]** Nach einer sechsundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß jeder der beiden Ausleger eine Masse aufweist, die mindestens gleich der Masse des Gegenschwingers ist.

**[0042]** Nach einer siebenundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß jeder der beiden Ausleger eine Masse aufweist, die kleiner ist als ein 5-faches der Masse des Gegenschwingers.

**[0043]** Nach einer achtundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß jeder der beiden Ausleger im wesentlichen röhrenförmig oder hülsenförmig ausgebildet ist. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß jeder der Ausleger eine größte Wandstärke aufweist, die größer als eine größte Wandstärke des Gegenschwingers ist. Gegebenenfalls kann jeder der Ausleger zudem auch eine kleinste Wandstärke aufweist, die größer als eine größte Wandstärke des Gegenschwingers ist.

**[0044]** Nach einer neunundzwanzigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß Einlaßrohrstück und Auslaßrohrstück im wesentlichen gerade sind. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß Einlaßrohrstück und Auslaßrohrstück zueinander sowie zu einer die beiden Kopplungszonen imaginär verbindenden Längsachse des Meßwandlers im wesentlichen fluchtend ausgerichtet sind.

**[0045]** Nach einer dreißigsten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der erste Ausleger ein erstes Massenträgheitsmoment, um eine in der ersten Kopplungszone liegende imaginäre erste Drehachse sowie ein zweites Massenträgheitsmoment um eine zur Meßrohr-Längsachse im wesentlichen parallele imaginäre zweite Drehachse aufweist und daß der zweite Ausleger ein erstes Massenträgheitsmoment um eine in der zweiten Kopplungszone liegende, zur ersten Drehachse im wesentlichen parallele imaginäre zweite Drehachse sowie ein zweites Massenträgheitsmoment um eine zur Meßrohr-Längsachse im wesentlichen parallele imaginäre zweite Drehachse aufweist. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß ein Verhältnis des ersten Massenträgheitsmoments eines jeden Auslegers zu dessen jeweiligen zweiten Massenträgheitsmoment kleiner als 5, insb. kleiner als 2 ist und/oder jedes der beiden ersten Massenträgheitsmomente mindestens  $0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  beträgt und/oder daß jedes der beiden zweiten Massenträgheitsmomente mindestens  $0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  beträgt und/oder daß ein Quotient des ersten Massenträgheitsmoments eines jeden Auslegers zu dessen jeweiliger Masse kleiner als  $0,03 \text{ m}^2$  ist, insb. in einem Bereich zwischen  $0,001 \text{ m}^2$  und  $0,01 \text{ m}^2$  liegt, und/oder daß ein Verhältnis des Quotienten des ersten Auslegers wie auch ein Verhältnis des Quotienten des zweiten Auslegers zu einer Querschnittsfläche des Meßrohrs  $A_{10}$  kleiner als 10 ist.

**[0046]** Ein Grundgedanke der Erfindung besteht darin, den Abspannpunkt für die Anschlußleitungen, an

dem diese am Innenteil mechanisch wirksam angeleitet sind, in solche Bereiche des Innenteils zu verlagern, die einen möglichst geringen Einfluß auf den Nullpunkt des Meßwandlers haben. Es konnte dabei festgestellt werden, daß an das Meßrohr gekoppelten Ausleger dafür besonders geeignet sind. Die u. a. auch deshalb, weil diese Bereiche des Innenteils im Betrieb, insb. auch bei schwankender Dichte des zu messenden Mediums, relativ zum umgebenden Wandlergehäuse wenig oder sogar überhaupt nicht bewegt werden. Zudem kann das Innenteil in vorteilhafter sogar so dimensioniert und abgestimmt werden, daß zumindest die Ausleger Ruhepunkte aufweisen, die trotz lateral bewegter Kopplungszonen, beispielsweise infolge von veränderlicher Mediumsdichte, im wesentlichen in einer beim Einbau zugewiesenen Ruhelage verharren. Weitere Verbesserungen der Nullpunktstabilität des Meßwandlers können ferner dadurch erreicht werden, daß die Anschlußleitungen entlang des Gegenschwingers, insb. auf einer von dessen im Betrieb im wesentlichen nicht verzerrten neutralen Fasern, verlegt und dabei im wesentlichen symmetrisch geführt werden, insb. spiegelsymmetrisch bezüglich zumindest einer Trägheitshauptachse des Gegenschwingers – beispielsweise einer im wesentlichen senkrecht zu einer Längsachse des Meßrohrs und/oder des Gegenschwingers verlaufenden.

**[0047]** Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß durch die Positionierung der Abspannpunkte für die jeweilige Anschlußleitung an lateral vergleichsweise wenig bewegten Abschnitten des Innenteils infolge der vergleichsweise geringen mechanischen Belastung derselben nicht nur eine erhebliche Stabilisierung des Nullpunkts sondern auch Verbesserung der Betriebsfestigkeit des Meßwandlers erzielt werden kann.

**[0048]** Nachfolgend werden die Erfindung und weitere Vorteile anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert, das in den Figuren der Zeichnung dargestellt ist. Gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Falls es der Übersichtlichkeit dienlich ist, wird auf bereits erwähnte Bezugszeichen in nachfolgenden Figuren verzichtet.

**[0049]** [Fig. 1](#) zeigt ein in eine Rohrleitung einfügbares In-Line-Meßgerät zum Messen wenigstens eines Parameters eines in der Rohrleitung geführten Mediums,

**[0050]** [Fig. 2](#) zeigt 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,

**[0051]** [Fig. 3a](#), [b](#) zeigen den Meßwandler von [Fig. 2](#) geschnitten in zwei verschiedenen Seitenansichten,

**[0052]** [Fig. 4](#) zeigt den Meßwandler von [Fig. 2](#) in einem ersten Querschnitt,

**[0053]** [Fig. 5](#) zeigt den Meßwandler von [Fig. 2](#) in einem zweiten Querschnitt,

**[0054]** [Fig. 6a](#) bis d zeigen schematisch Biegelinien des Meßrohrs und eines Gegenschwingers in einem lateralen Biegeschwingungsmodus oszillierend,

**[0055]** [Fig. 7a](#), b zeigen in verschiedenen, teilweise geschnittenen Ansichten eine Ausgestaltung für einen endseitigen Ausleger eines Meßwandlers gemäß [Fig. 2](#),

**[0056]** [Fig. 8](#) zeigt schematisch einen Ausschnitt des Meßwandlers mit gemäß [Fig. 6c](#)) vibrierendem Meßrohr, und

**[0057]** [Fig. 9](#) zeigt eine vergleich zum Ausführungsbeispiel von [Fig. 2](#) etwas abgeänderte Variante eines Meßwandlers vom Vibrations-Typ.

**[0058]** 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. In den [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) sind entsprechende Ausführungsbeispiele und Ausgestaltungen für solche Meßwandler vom Vibrationstyp schematisch dargestellt. Darüber hinaus sind der prinzipielle mechanische Aufbau sowie dessen Wirkungsweise mit den denen der in den US-B 66 91 583 oder US-B 68 40 109 gezeigten Meßwandler vergleichbar. 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  $\rho$  und/oder eine Viskosität  $\eta$  des Mediums gemessen werden.

**[0059]** Zum Führen des Mediums umfaßt Meßwandler ein – im gezeigten Ausführungsbeispiel einziges, im wesentlichen gerades – Meßrohr **10**, das im Betrieb vibrieren gelassen und dabei, um eine stati-

sche Ruhelage oszillierend, wiederholt elastisch verformt wird. 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 parallel zum Meßrohr **10** verlaufender – Gegenschwinger **20** vorgesehen. Dieser ist, wie auch in [Fig. 3](#) 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. Der Gegenschwinger **20** kann rohr- oder kastenförmiger ausgeführt und beispielsweise so am Einlaßende und am Auslaßende mit dem Meßrohr **10** verbunden sein, daß er, wie aus der Zusammenschau von [Fig. 2](#) und [3](#) ersichtlich, im wesentlichen coaxial zum Meßrohr **10** ausgerichtet ist und somit das Meßrohr **10** vom Gegenschwinger **20** ummantelt ist. Zudem ist der Gegenschwinger **20** im vorliegenden Ausführungsbeispiel wesentlich schwerer ausgelegt als das Meßrohr **10**.

**[0060]** Zum Hindurchströmlassen des zu messenden Mediums ist das Meßrohr **10** 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. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung entspricht eine Länge,  $L_{11}$ , des Einlaßrohrstücks **11** sowie eine Länge,  $L_{12}$ , des Auslaßrohrstücks **12** jeweils höchstens einem 0,5-fachen einer Länge,  $L_{10}$ , des Meßrohrs **10**. Um einen möglichst kompakten Meßwandler bereitstellen zu können weisen im besonderen sowohl das Einlaßrohrstück **11** eine Länge,  $L_{11}$ , als auch das Auslaßrohrstück **12** eine Länge,  $L_{12}$ , auf, die jeweils kleiner als ein 0,4-faches einer Länge,  $L_{10}$ , des Meßrohrs **10** ist.

**[0061]** 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. zusammenschweißter, Halbzeuge hergestellt werden.

**[0062]** Wie in [Fig. 2](#) und 3 schematisch dargestellt, umfaßt der erfindungsgemäße Meßwandler ferner einen im Bereich der ersten Kopplungszone mit dem Einlaßrohrstück **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. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Ausleger **15** so geformt und am Meßrohr **10** angebracht, daß dessen Massenschwerpunkt  $M_{15}$  im wesentlichen in einem Bereich einer halben Länge des Einlaßrohrstücks **11** liegt und ist der Ausleger **16** so geformt und am Meßrohr **10** angebracht, daß dessen Massenschwerpunkt  $M_{16}$  im wesentlichen in einem Bereich einer halben Länge des Auslaßrohrstücks **12** liegt. Um ein möglichst kompakten Meßwandler zu erhalten ist gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, jeden der Ausleger **15**, **16** so auszubilden, daß eine Länge,  $L_{15}$  bzw.  $L_{16}$ , desselben höchstens einem 0,9-fachen einer Länge,  $L_{11}$ , des Einlaßrohrstücks **11** und einer Länge  $L_{12}$ , des Auslaßrohrstücks **12** und/oder höchstens einem 0,5-fachen einer Länge,  $L_{10}$ , des Meßrohrs **10** entspricht. Im besonderen ist jeder der Ausleger **15**, **16** ferner so ausgeführt, daß die jeweilige Länge dabei auch möglichst kleiner als ein 0,4-faches der Länge,  $L_{10}$ , des Meßrohrs **10** ist.

**[0063]** Das mittels des Meßrohrs **10**, des Gegenschwingers **20**, des Einlaßrohrstücks **11**, des Auslaßrohrstücks **12** sowie der beiden Ausleger **15**, **16** gebildete Innenteil des Meßwandlers ist, wie aus einer Zusammenschau von [Fig. 1](#) und 3 ersichtlich, ferner in einem das Innenteil mediumsicht und weitgehend druckfest umhüllendes Wandlergehäuse **30** schwingfähig gehalten, das am jeweils von den Kopplungsstellen 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.

**[0064]** Zur Herstellung der einzelnen Komponenten des vorgenannten Innenteils kann praktisch jedes der für solche Meßwandler üblichen Materialien, wie z. B. Stahl, Titan, Tantal, Zirkonium etc., oder auch entsprechende Kombinationen dieser Materialien verwendet werden. Beispielsweise hat sich die Verwendung von Titan für 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** und die Ausleger **15**, **16** als auch das Wandlergehäuse **30** die Verwendung von Stahl von Vorteil ist. 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. Wie sich aus der Zusammenschau der [Fig. 2](#) und 3 zwanglos ergibt, ist jede der wenigstens zwei Ringnuten beim vorliegenden Ausführungsbeispiel im wesentlichen koaxial, insb. konzentrisch, zu einer im wesentlichen zur Längsachse  $L$  parallelen Trägheitshauptachse des jeweiligen Auslegers **15**, **16** ausgerichtet. Alternativ zu der Verwendung vorgenannter Hülsen für die Ausleger **15**, **16** können diese aber auch zusammen mit dem Gegenschwinger **20** beispielsweise aber auch mittels eines einzigen röhrenförmigen Halbzeugs einstückig oder mittels zweier Rohrhälften zweistückig gefertigt werden.

**[0065]** Im Betrieb des Meßwandlers wird das Meßrohr **10** – wie bereits mehrfach erwähnt – zumindest zeitweise zu lateralen Biegeschwingungen, insb. im Bereich einer natürlichen Resonanzfrequenz, so angeregt, daß es sich in diesem sogenannten Nutzmode im wesentlichen gemäß einer natürlichen ersten Eigenschwingungsform ausbiegt. Die Biegeschwingungen sind dabei im wesentlichen transversal zu einer mit der Längsachse  $L$  im wesentlichen parallelen, insb. koinzidierenden, Biegeschwingungsachse ausgerichtet, die die beiden Kopplungsstellen **11#**, **12#** imaginär miteinander verbindet. Nach einer Ausgestaltung der Erfindung, wird das Meßrohr **10** dabei mit einer Schwingungsfrequenz,  $f_{exc}$ , angeregt, die möglichst genau einer natürlichen Resonanzfrequenz des sogenannten  $f_1$ -Eigenmodes des Meßrohrs **10** entspricht, also einem symmetrischen Eigenmode bei dem, wie in [Fig. 6b](#)) bis d) schematisch dargestellt, das vibrierende, jedoch nicht vom Medium durchströmte Meßrohr **10** bezüglich einer zur Längsachse senkrechten Mittelachse im wesentlichen symmetrisch ausgebogen wird und dabei im wesentlichen einen einzigen Schwingungsbauch auf-

weist. Gleichermaßen wird auch der Gegenschwinger **20**, wie in [Fig. 6b](#) 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 und Gegenschwinger im Betrieb also zumindest zeitweise und/oder anteilig lateral in einem Nutzmode, in dem sie im wesentlichen koplanare Biegeschwingungen in einer gemeinsamen gedachten Schwingungsebene ausführen.

**[0066]** 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. 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 f2-Eigenmodes, also jene mit zwei Schwingungsbäuchen und/oder die Eigenschwingungsform des anti-symmetrischen f4-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 **10** 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,  $f_{10,Luft}$ , des f1-Eigenmodes des leeren Meßrohrs etwa bei 550 Hz liegen, während eine natürliche Resonanzfrequenz,  $f_{10,H_2O}$ , des f1-Eigenmodes des mit Wasser befüllten Meßrohrs etwa 450 Hz betragen würde.

**[0067]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** dafür ferner so dimensioniert, daß eine Masse,  $m_{20}$ , des Gegenschwingers **20** mindest einem 5-fachen einer Masse,  $m_{10}$ , des Meßrohrs **10** entspricht. Bei der Verwendung eines Rohres aus Stahl mit einem Außendurchmesser von etwa 100 mm und einer Wandstärke von etwa 10 mm würde sich unter Berücksichtigung des in der vorbeschriebenen Weise dimensionierten Meßrohrs für den Gegenschwingers **20** eine Masse,  $m_{20}$ , in der Größenordnung von etwa 10 kg ergeben.

**[0068]** 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 Torsionsschwingungen um eine mit der Längsachse L bzw. der vorgenannten Biegeschwingungsachse im wesentlichen parallelen, insb. koinzidierenden, Torsionsschwingungsachse aus. Torsionsschwingungsachse, Biegeschwingungsachse wie auch die Längsachse L können, wie bei derartigen Meßwandlern durchaus üblich, 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.

**[0069]** 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 Auswerte-Elektronik eingespeiste, elektrische Erregerenergie  $E_{exc}$ , z. B. mit einem geregelten Strom und/oder einer geregelten Spannung, in eine auf das Meßrohr **10**, z. B. pulsformig 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.

**[0070]** Als Erregeranordnung kann z. B. eine einfache differentiell auf Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** einwirkende Tauchspulenordnung mit einer mechanisch, insb. starr, an den Gegenschwinger **20** gekoppelten zylindrischen Erregerpule, die im Betrieb von einem entsprechenden Erregerstrom durchflossen ist, und mit einem in die Erregerpule zumindest teilweise eintauchenden dauermagnetischen Anker, der von außen, insb. mittig, am Meßrohr **10** fixiert ist, dienen. Ferner kann die Erregeranordnung **40** z. B. auch als ein Elektromagnet oder, wie z. B. in der WO-A 99 51 946 gezeigt, als ein seismischer Erreger

realisiert sein. Zum Detektieren von Schwingungen des Meßrohr **10** kann z. B. eine für derartige Meßwandler übliche Sensoranordnung verwendet werden, bei der in der dem Fachmann bekannten Weise mittels eines einlaßseitigen ersten Schwingungssensors **50A** und mittels eines auslaßseitigen zweiten Schwingungssensors **50B** die Bewegungen des Meßrohrs **10** erfaßt und in ein entsprechendes erstes bzw. zweites Sensorsignal  $S_1$ ,  $S_2$  umgewandelt werden. Als Sensoren **50A**, **50B** können z. B. die Schwingungen relativ zum Gegenschwinger, z. B. differentiell messende, elektrodynamische Geschwindigkeitssensoren oder aber elektrodynamische Wegsensoren oder Beschleunigungssensoren verwendet werden. Anstelle elektrodynamischer Sensoranordnungen oder in Ergänzung derselben können ferner auch mittels resistiver oder piezo-elektrischer Dehnungsmeßstreifen messende oder opto-elektronische Sensoren zum Detektieren der Schwingungen des Meßrohrs **10** dienen.

**[0071]** Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Erregeranordnung **40**, wie auch in [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) gezeigt, so ausgebildet und so im Meßwandler angeordnet sein, daß sie im Betrieb gleichzeitig, insb. differentiell, auf Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** wirkt. Im in der [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Erregeranordnung **40** dazu wenigstens eine im Betrieb zumindest zeitweise vom Erregerstrom oder einem Erregerteilstrom durchflossene erste Erregerspule **41a** auf, die an einem mit dem Meßrohr **10** verbundenen Hebel **41c** fixiert ist und über diesen und einen von außen am Gegenschwinger **20** fixierten Anker **41b** differentiell auf das Meßrohr **10** und den Gegenschwinger **20** einwirkt. Diese Anordnung hat u. a. auch den Vorteil, daß einerseits der Gegenschwinger **20** und somit auch das Wandlergehäuse **100** im Querschnitt klein gehalten und trotzdem die Erregerspule **41a**, insb. auch bei der Montage, leicht zugänglich ist. Darüber hinaus besteht ein weiterer Vorteil dieser Ausgestaltung der Erregeranordnung **40** auch darin, daß allfällig verwendete, insb. bei Nennweiten von über 50 mm nicht mehr vernachlässigbar schwere, Spulenbecher **41d** ebenfalls am Gegenschwinger **20** fixierbar sind und somit praktisch keinen Einfluß auf die Resonanzfrequenzen des Meßrohrs **10** haben. Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß falls erforderlich, die Erregerspule **41a** auch vom Gegenschwinger **20** und dementsprechend der Anker **41b** vom Meßrohr **10** gehalten werden können.

**[0072]** In entsprechender Weise kann auch die Sensoranordnung **50** so ausgelegt und im Meßwandler angeordnet sein, daß durch sie die Vibrationen von Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** differentiell erfaßt werden. Im in der [Fig. 5](#) gezeigten Ausführungsbeispiel umfaßt die Sensoranordnung **50** eine am Meßrohr **10** fixierte, hier außerhalb sämtlicher Trägheitshauptachsen der Sensoranordnung **50** angeord-

nete, Sensorspule **51a**. Die Sensorspule **51a** ist möglichst nah zu einem am Gegenschwinger **20** fixierten Anker **51b** angeordnet und mit diesem magnetisch so gekoppelt, daß in der Sensorspule eine durch rotatorische und/oder laterale, ihre relative Lage und/oder ihren relativen Abstand verändernde Relativbewegungen zwischen Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** beeinflusste, veränderliche Meßspannung induziert wird. Aufgrund einer solchen Anordnung der Sensorspule **51a** können in vorteilhafter Weise gleichzeitig sowohl die oben genannten Torsionsschwingungen als auch die ggf. angeregten Biegeschwingungen erfaßt werden. 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.

**[0073]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, Schwingungserreger und Schwingungssensoren nach dem gleichen Wirkprinzip aufzubauen, insb. im wesentlichen einander baugleich auszubilden. Desweiteren ist auch möglich, Spule und/oder Anker von Erreger- und/oder Sensoranordnung unter Verzicht auf einen vermittelnden Hebel jeweils direkt am Meßrohr oder am Gegenschwinger zu befestigen.

**[0074]** Zum Anschließen der Erregeranordnung wie auch der Sensoranordnung an die erwähnte Betriebs- und Auswerte-Elektronik des In-Line-Meßgeräts sind des weiteren entsprechend Anschlußleitungen **60** vorgesehen, die zumindest abschnittsweise innerhalb des Wandlergehäuses verlegt sind und im Betrieb zumindest zeitweise elektrischen Strom führen. Die Anschlußleitungen können dabei zumindest anteilig als elektrische, zumindest abschnittsweise in von einer elektrischen Isolierung umhüllte Leitungsdrähte, insb. mit einem mittleren Querschnittsdurchmesser von kleiner als 2 mm (beispielsweise in einer Größenordnung zwischen 0.5 mm und 1.2) ausgebildet sein, z. B. in Form von verdrehten Leitungen, sogenannten "Twisted-pair"-Kabeln, Flachbandkabeln und/oder Koaxialkabeln. Alternativ oder in Ergänzung dazu können die Anschlußleitungen zumindest abschnittsweise auch mittels Leiterbahnen einer, insb. flexiblen, gegebenenfalls lackierten Leiterplatte gebildet sein. Zudem können die Anschlußleitungen, beispielsweise im Falle der Verwendung optischer Schwingungssensoren, anteilig auch als betriebsgemäß zumindest zeitweise Licht führendes Lichtleiterkabel ausgebildet sein.

**[0075]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, die Anschlußleitungen **60** zumindest anteilig abschnittsweise entlang des Gegenschwingers zu verlegen und daran zumindest punktuell zu halten. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist ferner vorgesehen, die entlang des Gegenschwingers verlegten und daran gehaltenen An-

schlußleitungen jeweils adhäsiv am Gegenschwinger zu fixieren. Die Anschlußleitungen können dabei in vorteilhafter Weise dadurch fixiert sein, daß sie in eine auf den Gegenschwinger aufgetragene elektrisch isolierende Schicht **70** aus adhäsivem, in ausreichendem Maße bruchfestem wie auch elastischem Material eingebettet sind. Diese Schicht **70** kann beispielsweise im wesentlichen durchgehend oder wie in [Fig. 2](#) angedeutet abschnittsweise unterbrochen sein. Das Einbetten ermöglicht es zum einen, daß auf sehr einfache Weise eine stabile, dauerhafte Fixierung der Anschlußleitung **60** geschaffen werden kann. Zum anderen kann bei Verwendung eines elektrisch isolierenden Materials für die einbettende Schicht ein elektrisch vergleichsweise weniger festes Material für die Isolierung der Leitung gewählt oder sogar blanker Draht als Anschlußleitungen verwendet werden. Als die Anschlußleitungen fixierende Schicht **70** kann hier beispielsweise ein in entsprechender Weise aufgetragenes Glas- oder Glaslot, Keramik, Email oder eine Kunststoffmasse dienen. Als die Anschlußleitungen am Gegenschwinger fixierende Kunststoffmasse kommen z. B. Metallkleber, Harze oder auch Silikon in Frage. Zur Pufferung allfälliger thermisch bedingter Ausdehnung des Gegenschwingers kann es von Vorteil sein, die Anschlußleitungen in sich gekrümmt, insb. bogenförmig oder mäanderförmig, verlegt am Gegenschwinger **20** zu befestigen.

**[0076]** Wie auch aus der Zusammenschau von [Fig. 2](#) und [Fig. 3b](#) ohne weiteres ersichtlich, sind die Anschlußleitungen im weiteren Verlauf zu einer im Wandlergehäuse vorgesehenen Durchführung **D**, beispielsweise aus Glas, Keramik und/oder einem Kunststoff, geführt von wo aus sie sich weiter zur erwähnten Betriebs- und Auswerteelektronik des In-Line-Meßgeräts erstrecken. Dabei ist ein Abschnitt jeder der Anschlußleitungen **60** jeweils zwischen zwei Abspannpunkten verläuft, von denen ein erster Abspannpunkt **a1** auf dem die Anschlußleitung führenden Innenteil und ein zweiter Abspannpunkt am Wandlergehäuse **a2** plaziert ist. Der zwischen den jeweils zugehörigen zwei Abspannpunkten verlaufende Abschnitt der Anschlußleitungen ist in vorteilhafter Weise im wesentlichen freischwingend verlegt, und zwar möglichst so, daß er im wesentlichen, insb. dauerhaft, frei von Zugspannungen gehalten ist. Je nach Lage der beiden Abspannpunkte kann es zudem erforderlich sein, die eine oder andere Anschlußleitung im weiteren Verlauf auch entlang der inneren Wandoberfläche des Wandlergehäuses **30** zu verlegen und zumindest punktuell daran zu fixieren.

**[0077]** Für den oben beschriebenen Fall, daß auch der Gegenschwinger im Betrieb zumindest zeitweise in erheblichem Maße Biegeschwingungen um eine Biegeschwingungsachse ausführt, ist nach einer weiteren Ausgestaltung ferner vorgesehen, die am Gegenschwinger **20** gehaltenen Anschlußleitungen **60**

zumindest anteilig, insb. überwiegend, entlang einer sich bei biegeschwingendem Gegenschwinger im wesentlichen nicht verzerrenden neutralen Faser des Gegenschwingers zu verlegen und entsprechend zu fixieren. Dies hat u. a. den Vorteil, daß die betroffenen Anschlußleitungen einerseits vergleichsweise wenig bewegt und somit auch mechanisch wenig belastet werden und andererseits selbst nur geringfügig auf das Innenteil mechanisch rückwirken. Zudem kann es zumindest bei Anschlußleitungen mit vergleichsweise starker Isolation und/oder bei mit großer Amplitude schwingendem Gegenschwinger von Vorteil sein, die Anschlußleitungen zumindest bezüglich einer der Trägheitshauptachsen **T1**, **T2**, **T3** des mittels Meßrohr und Gegenschwinger gebildeten Innenteils im wesentlichen symmetrisch, insb. spiegelsymmetrisch bezüglich zumindest einer Trägheitshauptachse **T1**, **T2**, **T3** des Gegenschwingers, zu verlegen, um somit einen gleichermaßen möglichst symmetrischen Dämpfungsbelag entlang des Innenteils zu erzielen bzw. Antisymmetrien im Dämpfungsbelag aufgrund von Dämpfungskräften in allfällig bewegten Anschlußleitungen zu vermeiden. Symmetrieachse kann hierbei beispielsweise eine im wesentlichen senkrecht zu einer Längsachse **T1** des Innenteils und insoweit auch des Meßrohrs und/oder des Gegenschwingers verlaufende Trägheitshauptachse **T2**, und/oder **T3** des Innenteils sein.

**[0078]** Wie bereits mehrfach erwähnt, werden bei einer Anregung des Nutzmodes in dem in der oben beschriebenen Weise vibrierenden, einzigen Meßrohr **10** aufgrund von mit den Biegeschwingungen einhergehenden Massenbeschleunigungen bekanntlich Querkräfte  $Q_1$  erzeugt; somit treten im Meßwandler in entsprechender Weise auch lateral ausgerichtete Querimpulse auf. Beispielsweise würde sich bei einer Schwingungsamplitude von ca. 0,03 mm für das oben erwähnte Edelstahl-Meßrohr eine Querkraft von etwa 100 N ergeben. Für den Fall, daß diese Querkräfte  $Q_1$  nicht kompensiert werden können, führt dies dazu, daß das am Einlaßrohrstück **11** und am Auslaßrohrstück **12** aufgehängte Innenteil des Meßwandlers entsprechend lateral aus der zugewiesenen statischen Ruhelage verschoben wird. Damit einhergehend sind, wie in [Fig. 6c](#) und [d](#) schematisch dargestellt, auch die Kopplungszonen **11#**, **12#** bei vibrierendem Meßrohr zumindest zeitweise lateral aus einer statischen Ruhelage heraus bewegt.

**[0079]** Dementsprechend würden die Querkräfte  $Q_1$  via Einlaß- und Auslaßrohrstück **11**, **12** zumindest teilweise auch auf die angeschlossene Rohrleitung wirken und diese somit gleichfalls vibrieren lassen. Wie ferner erläutert, kann das Meßrohr **10** auch mittels des Gegenschwingers **20**, praktisch nur für einen einzigen Mediumsdichtewert, bestenfalls aber für einen sehr schmalen Mediumsdichtebereich dynamisch ausbalanciert werden, vgl. [Fig. 6b](#). Vielmehr aber wird das Meßrohr **10** und infolgedessen prak-

tisch das gesamte Innenteil bei schwankender Mediumsdichte  $\rho$  aus der Ruhelage, in den [Fig. 6a](#) bis [d](#) symbolisiert durch die Längsachse  $L$ , lateral verschoben werden, und zwar bei niedriger Dichte  $\rho$  unterhalb des Mediumsdichtewertes, wie in der [Fig. 6c](#) schematisch dargestellt, in Richtung seiner eigenen Schwingungsbewegung oder bei hoher Dichte  $\rho$  oberhalb des erwähnten Mediumsdichtewerts, wie in der [Fig. 6d](#) gezeigt, in Richtung der Schwingungsbewegung des Gegenschwingers **20**. Insofern dient der Gegenschwinger **20** also eher dazu, den Meßwandler für genau einen vorherbestimmten, z. B. einen im Betrieb des Meßwandlers am häufigsten zu erwartenden oder auch kritischen Mediumsdichtewert, z. B. die Dichte von Wasser, soweit dynamisch auszubalancieren, daß die im vibrierenden Meßrohr erzeugten Querkräfte  $Q_1$  möglichst vollständig kompensiert werden und letzteres dann seine statische Ruhelage praktisch nicht verläßt, vgl. [Fig. 6a](#), [Fig. 6b](#). Um ein möglichst einfach handhabbares Abstimmen des Gegenschwingers **20** auf den erwähnten Mediumsdichtewert und die dann tatsächlich angeregte Schwingungsform des Meßrohrs **10** zu ermöglichen, sind nach einer Ausgestaltung der Erfindung dem Gegenschwinger **20** diskrete Massenstücke **201**, **202**, insb. lösbar, aufgesetzt. Die Massenstücke **201**, **202** können z. B. auf entsprechende, von außen am Meßrohr fixierte Stehbolzen aufgeschraubte Scheiben oder auf das Meßrohr **10** aufgeschobene kurze Rohrstücke sein. Ferner kann eine entsprechende Massenverteilung über dem Gegenschwinger **20** z. B. auch durch Ausformen von Längs- oder Ringnuten realisiert werden. Eine für die jeweilige Anwendung geeignete Masseverteilung kann in der dem Fachmann bekannten Weise vorab z. B. mittels Finite-Elemente-Berechnungen und/oder mittels experimenteller Messungen ohne weiteres ermittelt werden. Falls erforderlich, können selbstverständlich auch mehr als die gezeigten zwei Massenstücke **201**, **202** verwendet werden.

**[0080]** Zur weiteren verbesserten dynamischen Ausbalancierung des Meßwandlers, insb. auch bei Medien mit signifikant schwankender Dichte  $\rho$ , sind – auch mit Blick auf die in der US-B 66 91 583 oder der US-B 68 40 109 gezeigten Entkopplungsprinzipien für Biege- und/oder Torsionsschwingungen – der Ausleger **15** an Einlaßrohrstück **11**, Gegenschwinger **20** und Meßrohr **10** sowie der Ausleger **16** an Auslaßrohrstück **12**, Gegenschwinger **20** und Meßrohr **10** im wesentlichen starr gekoppelt. Dabei können die, insb. möglichst nah zum Meßrohr **10** hin angeordneten, Ausleger **15**, **16** sowohl stoff- als auch form- und/oder kraftschlüssig mit der jeweils anderen Komponente des Innenteils, beispielsweise dem Gegenschwinger **20**, verbunden sein. Dementsprechend können die Ausleger, z. B. angeschweißt, gelötet, aufgeklemmt und/oder aufgepreßt sein. Auf diese Weise werden mittels der Ausleger **15**, **16** gleichermaßen exzentrisch, also nicht im zugehörigen Mas-

senschwerpunkt  $M_{15}$  bzw.  $M_{16}$ , an der jeweiligen Fixierstelle angreifende erste Massenträgheitsmomente,  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$ , geschaffen, die kein Hauptträgheitsmoment des jeweiligen Auslegers **15**, **16** sind. Beispielsweise kann jeder der Ausleger **15**, **16** dafür zumindest anteilig unmittelbar am Gegenschwinger **20** fixiert sein. Für den vorgenannten Fall, daß die Ausleger **15**, **16** jeweils auf Gegenschwinger **20** und/oder das zugehörige Verbindungsrohrstück aufgeklemt werden sollen, können sie z. B. auch mittels entsprechender Schraubverbindungen fixiert werden. So ist in der [Fig. 7a](#), b anhand des Auslegers **15** eine vorteilhafte Klemmverbindung für Ausleger der beschriebenen Art dargestellt. Der Ausleger ist hierbei mittels wenigstens zweier zueinander paralleler Durchgangsbolzen **15a**, **15b** und entsprechender Muttern **15c**, **15d** nach dem Aufschieben auf den Gegenschwinger **20** fixiert worden, wobei die beiden Durchgangsbolzen **15a**, **15b** in auf einander gegenüberliegenden Seiten im Ausleger **15** angeordneten Durchgangsbohrungen **15e**, **15f** plaziert sind. Zum Verhindern eines ungewollten Wiederlösen der Muttern **15c**, **15d** können diese, falls erforderlich, nach der Montage zusätzlich mit dem jeweiligen Durchgangsbolzen in geeigneter Weise, z. B. mittels Metallkleber, adhäsiv und/oder, z. B. durch Schweißen und/oder Löten, stoffschlüssig verbunden werden. Um einen möglichst guten Kraftschluß zwischen Ausleger **15** und Gegenschwinger **20** bei akzeptablen Spannkräften in den Durchgangsbolzen **15a**, **15b** und im Gegenschwinger **20** zu gewährleisten, sind bei der hier gezeigten Variante zusätzlich mit der Längsachse  $L$  im wesentlichen fluchtende und zumindest auf der dem Gegenschwinger **20** und dem Meßrohr **20** zugewandten Frontpartie radial durchgängige Längsschlitze **15g**, **15h** eingearbeitet.

**[0081]** Bei lateralen Bewegungen der beiden Kopplungszonen **11#**, **12#**, beispielsweise infolge von dichteabhängigen Imbalancen zwischen Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** und/oder von extern in den Meßwandler eingekoppelten Störschwingungen, werden seitens des Auslegers **15** im Einlaßrohrstück **11** und seitens des Auslegers **16** im Auslaßrohrstück **12** jeweils Biegemomente erzeugt, die aufgrund der Exzentrizität und der Massenträgheit der Ausleger **15**, **16** so ausgebildet sind, daß damit einhergehende Verformungen von Einlaß- und Auslaßrohrstück **11**, **12** den lateralen Bewegungen der Kopplungszonen **11#**, **12#** entgegengerichtet sind. Anders gesagt, sind die Ausleger **15**, **16** so geformt und bemessen, daß daraus resultierende erste Massenträgheitsmomente  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$  um eine quer zur Längsachse  $L$  verlaufende, jedoch von einer dazu parallelen Trägheitshauptachse des jeweiligen Auslegers beabstandeten imaginären Drehachse  $D_{15x}$ ,  $D_{16x}$ , zwar ein Verdrehen der Ausleger **15**, **16** bei beschleunigter lateraler Verschiebung der Kopplungszonen **11#**, **12#**, erlauben, die jeweils zugehörigen Massenschwerpunkte  $M_{15}$ ,  $M_{16}$  jedoch zumindest lateral im wesentlichen ortsfest in je-

ner statischen Ruhelage verharren gelassen werden, die ihnen aufgrund der konkreten mechanisch-geometrischen Eigenschaften der Ausleger **15**, **16** jeweils zugewiesen sind. Insoweit bildet jeder der Massenschwerpunkte  $M_{15}$ ,  $M_{16}$  praktisch einen Drehpunkt für die die Biegemomente erzeugenden Drehbewegungen der Ausleger **15**, **16**. Im Ergebnis dessen führt also jeder der beiden Ausleger infolge des lateralen Bewegens der Kopplungszonen im Betrieb zumindest zeitweise Drehschwingungen um eine im wesentlichen quer zur Biegeschwingsachse verlaufende, imaginäre Dreh- oder auch Drehschwingungsachse  $D_{15x}$ ,  $D_{16x}$  aus. Infolgedessen weist also jeder der beiden Ausleger wenigstens einen Ruhepunkt oder auch einen diese unmittelbar umgebenden Ruhebereich auf, der auch bei lateral bewegten Kopplungszonen **11#**, **12#** im wesentlichen ortsfest in einer zugehörigen statischen Ruhelage verharrt und/oder der zumindest einen relativen Abstand  $A$  zu einem sowohl vom Einlaßrohrstück als auch vom Auslaßrohrstück entfernten Bereich des Wandlergehäuses im wesentlichen beibehält.

**[0082]** Die in vorgenannter Weise exzentrisch an der jeweiligen Fixierstelle angreifenden Massenträgheitsmomente  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$  der Ausleger **15**, **16** erzwingen somit – aufgrund beschleunigter lateraler Verschiebebewegungen  $V$  des Meßrohrs **10** um den jeweiligen, praktisch ortsfest ruhenden Massenschwerpunkt  $M_{15}$  bzw.  $M_{16}$  pendelnd – eine zusätzliche Verdrehung der jeweils zugehörigen Fixierstelle um die zu dieser lateralen Verschiebebewegung  $V$  sowie zur Längsachse  $L$  senkrechten imaginäre erste bzw. um die zur ersten im wesentlichen parallele imaginäre zweite Drehachse  $D_{15x}$ ,  $D_{16x}$ , vgl. [Fig. 6c](#) und d. Diese, in [Fig. 8](#) nochmals vergrößert dargestellte, Verdrehung praktisch der gesamten einlaßseitigen ersten Kopplungszone **11#**, insb. des Einlaßendes, wiederum bewirkt zumindest abschnittsweise eine zusätzliche, zur Verschiebebewegung  $V$  des Meßrohrs **10** gegenläufige Verbiegung des Einlaßrohrstücks **11**, die praktisch einer einachsigen, querkräftfreien und somit weitgehend schubspannungsfreien Biegung entspricht; in analoger Weise wird das Auslaßrohrstück **12** ebenfalls gegenläufig zur Verschiebebewegung  $V$  gebogen.

**[0083]** Die beiden Ausleger **15**, **16** sind, wie auch in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#), dargestellt, einseitig, also lediglich im Bereich der Kopplungszonen **11#**, **12#** fixiert. Zur Unterdrückung allfälliger unerwünschter Schwingungsmoden können ferner, wie in [Fig. 8](#) schematisch dargestellt, jedoch zusätzliche der Stabilisierung der Massenschwerpunkte  $M_{15}$ ,  $M_{16}$  der Ausleger **15** bzw. **16** in ihrer jeweiligen Ruhelage dienende Feder – und/oder Dämpfungselemente vorgesehen sein, die, z. B. quer zur Hauptschwingungsebene oder, wie hier gezeigt, im wesentlichen in der Hauptschwingungsebene liegend jeweils an der Auslegermasse und am Wandlergehäuse **30** fixiert sind.

**[0084]** Die Dimensionierung des Innenteils, inkl. des Meßrohrs, des Gegenschwingers, des Ein- und Auslaßrohrstücks sowie der Ausleger, sowie die dadurch beeinflussten Verbiegungen von Ein- bzw. Auslaßrohrstück **11**, **12** können, z. B. mittels computergestützter Simulationsberechnungen oder mittels experimenteller Messungen, dahingehend optimiert werden, daß durch die Verbiegung erzeugte Gegenkräfte  $Q_2$  die oben erwähnten Querkräfte  $Q_1$  im vibrierenden Meßrohr **10** über einen möglichst weiten Schwankungsbereich der Mediumsdichte vollständig oder zumindest weitgehend kompensiert werden, und zwar so, daß außen am Wandlergehäuse **30** und somit auch an der angeschlossenen Rohrleitung praktisch keine durch das vibrierende Meßrohr **10**, ggf. auch das gesamte oszillierende Innenteil verursachten Querkräfte auftreten. Allfällige Verformungen der angeschlossenen Rohrleitung aufgrund der so erzeugten Biegemomente können beispielsweise durch eine entsprechend hohe Biegesteifigkeit des Wandlergehäuses **30** ohne weiteres unterdrückt werden.

**[0085]** Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Meßrohr **10**, angetrieben von der Erregeranordnung, im Betrieb in überwiegendem Maße und/oder zumindest zeitweise mit einer Schwingungsfrequenz,  $f_{exc}$ , vibrieren gelassen, die mindestens einem 1,5-fachen einer niedrigsten natürlichen Eigenfrequenz eines schwingfähigen Innenteils des Meßwandlers entspricht, das – wie bereits ausgeführt – zumindest mittels des Meßrohrs **10** selbst, des Gegenschwingers **20**, des Einlaßrohrstücks **11**, des Auslaßrohrstücks **12** sowie der beiden Ausleger **15**, **16** gebildet ist. Anders gesagt, soll die natürliche Resonanzfrequenz des Nutzmodus wenigstens 1,5-fachen, möglichst aber mehr als einem 2-fachen der niedrigsten natürlichen Eigenfrequenz des Innenteils entsprechen. Bei den hier vorgestellten Abmessungen des Innenteils würde dessen niedrigste natürliche Eigenfrequenz bei leerem Meßrohr beispielsweise etwa 250 Hz oder weniger betragen, während sie bei mit Wasser gefülltem Meßrohr etwa in der Größenordnung von 200 Hz oder darunter liegen würde.

**[0086]** Weiterführende Untersuchungen haben nunmehr gezeigt, daß diese vorgenannte Forderung dadurch wirkungsvoll, insb. auch unter Beibehaltung des in der US-B 66 91 583 oder der US-B 68 40 109 gezeigten Entkopplungsprinzips, realisiert und somit, insb. gegenüber den in der US-B 66 91 583 oder der US-B 6840 109 gezeigten Meßwandlern, erhebliche Verbesserungen hinsichtlich der Störfestigkeit und insoweit auch der Meßgenauigkeit von In-Line-Meßgeräten der beschriebenen Art erzielt werden können, daß jeder der beiden Ausleger **15**, **16** so ausgelegt ist, daß er eine im Vergleich zur Masse,  $m_{10}$ , des Meßrohrs **10** erheblich größere Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , aufweist, und zwar mindestens in der Größenordnung

der Masse,  $m_{20}$ , des Gegenschwingers **20**. Daher ist beim erfindungsgemäßen Meßwandler gemäß einer Ausgestaltung ferner vorgesehen, daß der Gegenschwinger **20** und die Ausleger **15**, **16** so dimensioniert sind, daß die Masse,  $m_{15}$  bzw.  $m_{16}$ , eines jeden der beiden Ausleger **15**, **16** mindestens gleich einer Masse,  $m_{20}$ , des Gegenschwingers **20** ist. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist weist jeder der beiden Ausleger **15**, **16** eine Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , auf, die größer ist als ein 1,5-faches der Masse,  $m_{20}$ , des Gegenschwingers **20**. Je nach Nennweite des verwendeten Meßrohrs kann somit die Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , eines jeden der beiden Ausleger **15**, **16** ohne weiteres größer als ein 10-faches der Masse,  $m_{10}$ , des Meßrohrs **10** sein. Ferner konnte hierbei festgestellt werden, daß sich gute Ergebnisse hinsichtlich der Störfestigkeit erzielen lassen, wenn jeder der beiden Ausleger **15**, **16** eine Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , aufweist, die kleiner ist als ein 5-faches der Masse,  $m_{20}$ , des Gegenschwingers **20** oder die, zumindest für Meßrohre großer Nennweiten oberhalb von 50 mm, höchsten sogar nur einem 3-fachen der Masse,  $m_{20}$ , des Gegenschwingers **20** entspricht.

**[0087]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist jeder der Ausleger **15**, **16** so bemessen, daß eine jeweilige Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , mehr als 5 kg, insb. mehr als 10 kg, beträgt, insb. aber kleiner als 50 kg ist.

**[0088]** Um eine ausreichend große Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , bereitzustellen, ist jeder der Ausleger **15**, **16** nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung so ausgebildet daß er zumindest eine größte Wandstärke aufweist, die größer als eine größte Wandstärke des Gegenschwingers **20** ist. Ferner ist im vorgestellten Ausführungsbeispiel jeder der Ausleger **15**, **16** aber auch so dimensioniert, daß er eine kleinste seiner Wandstärken größer als die größte Wandstärke des Gegenschwingers **20** ist, wodurch nicht nur eine entsprechend hohe Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$  sondern auch eine im Vergleich zu Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** entsprechend hohe Biegesteifigkeit für jeden der Ausleger **15**, **16** erzielt werden kann.

**[0089]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind zumindest das Meßrohr **10** und die Ausleger **15**, **16** aufeinander abgestimmt so bemessen, daß das mit Wasser befüllte Meßrohr **10** eine niedrigste natürliche Eigenfrequenz,  $f_{10,H_2O}$  aufweist, für die zumindest gilt:

$$f_{10} \geq \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot E_{11} \cdot I_{11} / L_{11}^3}{m_{15}}}$$

worin  $E_{11}$  das Elastizitätsmodul vom Material des Einlaßrohrstücks **11** repräsentiert und  $I_{11}$  eine für die Schwingungen des oben bezeichneten Innenteils wirksames oder mittleres axiales Flächenträgheitsmoment des Einlaßrohrstücks **11** ist. Dieses Flächen-

trägheitsmoment ergibt sich in bekannter Weise gemäß der Beziehung:

$$I_{11} = \frac{\pi}{64} [(DN + d)^4 - d^4]$$

**[0090]** Dabei entspricht der Ausdruck  $E_{11} \cdot I_{11} / L_{11}^3$  praktisch der durch das Einlaßrohrstück **11** bestimmten, für die Schwingungen des Innenteils letztlich maßgebenden Federkonstanten, die zumindest für einen im wesentlichen symmetrischen Aufbau des Innenteils praktisch auch gleich ist der in analoger Weise bestimmten Federkonstante des Auslaßrohrstücks **12**. Insoweit gilt bei im wesentlichen symmetrischem Aufbau gleichermaßen

$$\sqrt{\frac{E_{11} \cdot I_{11} / L_{11}^3}{m_{15}}} = \sqrt{\frac{E_{12} \cdot I_{12} / L_{12}^3}{m_{16}}}$$

**[0091]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, daß für die Schwingungsfrequenz,  $f_{exc}$ , im Betrieb mit der das Meßrohr **10** zumindest zeitweise in überwiegendem Maße vibriert, gilt:

$$f_{exc} > \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot E_{11} \cdot I_{11} / L_{11}^3}{m_{15}}}$$

**[0092]** Dadurch sind also das Ein- und das Auslaßrohrstück sowie die Massen,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$  der Ausleger **15**, **16** so aufeinander abgestimmt, daß bereits durch sie eine niedrigste natürliche Eigenfrequenz des Innenteils unterhalb der im Betrieb zu erwartenden von der Dichte des zu messenden Mediums abhängigen Schwingungsfrequenz,  $f_{exc}$ , des Meßrohrs **10** definiert ist.

**[0093]** Um dies sowie ein trotzdem möglichst verzögerungsfreies Verdrehen der Ausleger **15**, **16** und insoweit eine hohe Bandbreite des Entkopplungsmechanismus zu erreichen sind die Ausleger **15** bzw. **16** ferner so geformt und am Meßrohr **10** fixiert, daß ein Quotient der vorgenannten ersten Massenträgheitsmoment,  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$ , durch die jeweils zugehörige Auslegermasse  $m_{15}$  oder  $m_{16}$  möglichst klein. Experimentelle Untersuchungen haben hierbei ferner gezeigt, daß sich, insb. auch bei Verwendung von vergleichsweise schweren und insoweit eher trägen Auslegern **15**, **16** von beispielsweise jeweils mehr als 10 kg, eine vergleichsweise hohe Störfestigkeit des Meßwandlers bei gleichbleibend hoher Dynamik erzielen läßt, wenn der Quotient  $J_{15}/m_{15}$ ,  $J_{16}/m_{16}$ , des jeweiligen Massenträgheitsmoments,  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$ , eines jeden Auslegers **15**, **16** zu dessen jeweiliger Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , kleiner gehalten ist als  $0,03 \text{ m}^2$ , insb. in einem Bereich zwischen  $0,001 \text{ m}^2$  und  $0,01 \text{ m}^2$  liegt. Weiterführend konnte durch Untersuchung des Schwingungsverhaltens von Meßwandlern der beschriebenen Art verschiedener Nennweiten festgestellt werden, daß sich bezüglich Störfestigkeit und Dynamik gute Ergebnisse erzielen lassen, wenn ein Verhältnis des vorgenannten Quotienten  $J_{15x}/m_{15}$ , des Auslegers

**15** wie auch ein Verhältnis des Quotienten  $J_{16x}/m_{16}$ , des zweiten Auslegers **16** zu einer Querschnittsfläche des Meßrohrs  $A_{10}$  (gemeint ist der Flächeninhalt) möglichst klein, insb. kleiner als 10, gehalten ist. In Anbetracht dessen ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, die Ausleger **15**, **16** in Abhängigkeit von der für den tatsächlichen Meßwandler gewählten Nennweite DN des Meßrohrs jeweils so auszuführen und zu dimensionieren, daß durch den Ausleger **15** zumindest die Bedingung

$$0,5 < \frac{J_{15x}}{m_{15} \cdot A_{10}} < 5$$

und durch den Ausleger **16** zumindest die Bedingung

$$0,5 < \frac{J_{16x}}{m_{16} \cdot A_{10}} < 5$$

erfüllt sind.

**[0094]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Ausleger **15**, **16** ferner so ausgebildet, daß jedes der beiden ersten Massenträgheitsmomente,  $J_{15x}$ ,  $J_{16}$ , mindestens  $0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  beträgt.

**[0095]** Für den oben erwähnten Fall, daß der Meßwandler in einem Dualmode betrieben werden soll, bei dem das Meßrohr **10** sowohl zumindest zeitweise Biegeschwingungen als auch zumindest zeitweise Torsionsschwingungen ausführt, sind neben dem jeweiligen Massenträgheitsmoment,  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$ , eines jeden Auslegers **15**, **16** um die zugehörige Drehachse,  $D_{15x}$ ,  $D_{16x}$ , durchaus auch jene zweiten Massenträgheitsmomente,  $J_{15z}$ ,  $J_{16z}$ , der Ausleger **15**, **16** von Interesse, die beschleunigten Verdrehungen derselben um eine jeweils zur Längsachse L im wesentlichen parallele imaginäre Drehachse,  $D_{15z}$ ,  $D_{16z}$ , entgegenwirken. Für den im Ausführungsbeispiel gezeigten Meßwandler, bei dem die Ausleger sowohl mit Ein- und Auslaßrohrstück als auch mit Meßrohr und Gegenschwinger fluchten, entsprechen die Massenträgheitsmomente,  $J_{15z}$ ,  $J_{16z}$ , im wesentlichen einem der drei Hauptträgheitsmomente des jeweiligen Auslegers **15**, **16** und die Drehachse,  $D_{15z}$ ,  $D_{16z}$ , im wesentlichen den jeweils zugehörigen Trägheitshauptachsen. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die die Ausleger **15**, **16** daher so dimensioniert, daß ein Verhältnis,  $J_{15x}/J_{15z}$ ,  $J_{16x}/J_{16z}$ , des jeweils ersten Massenträgheitsmoments,  $J_{15x}$ ,  $J_{16}$ , eines jeden Auslegers **15**, **16** zu dessen jeweiligen zweiten Massenträgheitsmoment,  $J_{15z}$ ,  $J_{16z}$ , kleiner als 5, insb. kleiner als 2 ist. Zumindest für den oben beschriebenen Fall, daß jedes der beiden ersten Massenträgheitsmomente,  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$ , mindestens  $0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  beträgt, sollte also auch jedes der beiden zweiten Massenträgheitsmomente,  $J_{15z}$ ,  $J_{16z}$ , mindestens etwa  $0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  betragen.

**[0096]** Die Ausleger **15**, **16** sind gemäß einer weite-

ren Ausgestaltung der Erfindung ferner so ausgestaltet, daß sie eine niedrigste Biegesteifigkeit um die jeweilige Drehachse  $D_{15x}$ ,  $D_{16x}$ , aufweisen, die größer ist als eine vergleichbare Biegesteifigkeit  $E_{11} \cdot I_{11}$  des Einlaßrohrstücks **11** und eine entsprechende Biegesteifigkeit  $E_{12} \cdot I_{12}$  des Auslaßrohrstücks **12** bezüglich derselben Drehachse  $D_{15x}$  bzw.  $D_{16x}$ . Für den oben erwähnten Fall, daß auch die entsprechende Länge  $l_{15}$ ,  $l_{16}$  des jeweiligen Auslegers **15**, **16** deutlich kleiner gewählt ist, als die entsprechende Länge,  $L_{11}$ , des Einlaßrohrstücks **11** und die entsprechende Länge,  $L_{12}$ , des Auslaßrohrstücks **12**, kann so auch ohne weiteres sichergestellt werden, daß die entsprechende Federkonstante jedes der Ausleger **15**, **16** stets größer ist als die oben erwähnte, zu  $E_{11} \cdot I_{11}/L_{11}^3$  proportionale Federkonstante des Einlaßrohrstücks **11** und die entsprechende Federkonstante ( $\sim E_{12} \cdot I_{12}/L_{12}^3$ ) des Auslaßrohrstücks **12**.

**[0097]** Zur optimalen Anpassung der erforderlichen Massen, Massenträgheitsmomente und/oder Biegesteifigkeiten der Ausleger **15**, **16** an die, insb. durch Meßrohr **10** und/oder Gegenschwinger **20**, tatsächlich vorgegebene Werte können, zusätzlich oder alternativ zur oben erwähnten Ringnut, ferner auch, wie in den [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) anhand des Auslegers **15** angedeutet, mit der Längsachse L im wesentlichen fluchtende Längsnuten **15i**, **15j** im jeweiligen Ausleger vorgesehen sein. Dabei zeichnet sich der erfindungsgemäße Meßwandler, wie sich aus den vorangegangenen Erläuterungen unschwer erkennen läßt, durch eine Vielzahl von Einstellmöglichkeiten aus, die es dem Fachmann, insb. auch noch nach einer Spezifikation von äußeren oder inneren Einbaumaßen, ermöglichen, eine Kompensation von im Meßrohr **10** und ggf. im Gegenschwinger **20** betriebsbedingt erzeugten Querkräften mit einer hohen Güte zu erzielen. Die vorgenannten Parameter, insb. die Massen,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , die ersten und zweiten Trägheitsmomente  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$ ,  $J_{15z}$ ,  $J_{16z}$ , wie auch die davon abgeleiteten Verhältnisse können dabei ohne weiteres in weiten Grenzen an die durch die für das Meßrohr **10** tatsächlich vorgesehene Nennweite DN wie auch die für den Meßwandler vorgesehene Einbaulänge entsprechend angepaßt werden.

**[0098]** Zur weiteren Verbesserung der Schwingungseigenschaften des Meßwandlers und damit einhergehend zur weiteren Verbesserung der Meßgenauigkeit ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner vorgesehen, daß zumindest eine Anschlußleitung **601** der im Betrieb zumindest zeitweise Strom führenden, gegebenenfalls auch am Gegenschwinger in geeigneter Weise fixierten Anschlußleitungen **60**, wie auch in [Fig. 2](#) schematisch dargestellt, an wenigstens einem der beiden Ausleger **15**, **16** gehalten ist. Dies kann beispielsweise eine Anschlußleitung von einem Leitungspaar sein, das für die Erregeranordnung vorgesehen ist, und/oder eine Anschlußleitung von einem Leitungs-

paar, das für die Sensoranordnung vorgesehen ist. Ferner ist es möglich auch beide Anschlußleitungen eines solchen Leitungspaares an ein und demselben Ausleger zu halten. Es kann aber durchaus auch von Vorteil sein – sowohl im Hinblick auf eine allfällige Induktion von Störspannungen in betriebsmäßig stromführende Anschlußleitungen als auch im Hinblick auf allfällige mechanische Dämpfungswirkungen der Anschlußleitungen auf das Innenteil –, wie in [Fig. 9](#) dargestellt, eine erste Anschlußleitung **601** eines solchen Leitungspaares am ersten Ausleger **15** und eine zweite Anschlußleitung **602** desselben Leitungspaares am zweiten Ausleger **16** entsprechend zu halten. Die Fixierung der Anschlußleitungen **601**, **602** am jeweiligen Ausleger kann beispielsweise wiederum zumindest anteilig, insb. überwiegend, adhäsiv erfolgen.

**[0099]** Wie bereit erwähnt, können die Anschlußleitungen **60** zumindest anteilig auch paarweise zusammengefaßt sein, beispielsweise auch als "Twisted-pair"- oder auch als Koaxial-Kabel. Daher sind gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung zumindest zwei der Anschlußleitungen zu einem Leitungspaar zusammengefaßt, und ist das wenigstens eine Leitungspaar an zumindest einem der Ausleger **15**, **16** gehalten. Dies kann beispielsweise derart erfolgen das einige der Anschlußleitungen zumindest abschnittsweise unmittelbar am Ausleger fixiert sind, während daran wiederum weitere Anschlußleitungen gehalten sind, beispielsweise auch mittels Kabelbinder. Gleichwohl kann aber auch eine jede der allfällig am Ausleger gehaltenen Anschlußleitungen jeweils für sich zumindest abschnittsweise am Ausleger adhäsiv befestigt werden.

**[0100]** Die Anschlußleitungen sind gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung dabei in der Weise am Innenteil geführt, daß entlang des Gegenschwingers verlegte und gegebenenfalls zumindest punktuell daran fixierte Leitungsabschnitte **610''** mit entlang des Auslegers verlegten und daran ebenfalls fixierten Leitungsabschnitten **601'''** im wesentlichen fluchten. Für den oben beschriebenen Fall, daß Meßrohr **10** und Gegenschwinger **20** zumindest zeitweise einander koplanare Biegeschwingungen in einer gemeinsamen – hier der von den Trägheitshauptachsen T1, T2 imaginär aufgespannten – Schwingungsebene ausführen ist, gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner vorgesehen, daß die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung **601** zumindest anteilig außerhalb der gemeinsamen Schwingungsebene von Meßrohr und Gegenschwinger am Ausleger fixiert ist, insb. entlang einer mit oben erwähnten neutralen Faser des biegeschwingenden Gegenschwingers fluchtenden Linie.

**[0101]** Alternativ oder in Ergänzung dazu ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner vorgesehen, daß ein Abschnitt der wenigstens einen

am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung zwischen zwei Abspannpunkten, insb. im wesentlichen freischwingend, verläuft, von denen der erster Abspannpunkt a1 auf dem die Anschlußleitung haltenden Ausleger und ein zweiter Abspannpunkt a2 entsprechend am Wandlergehäuse angeordnet ist. Ferner ist vorgesehen, daß der zwischen den beiden Abspannpunkten a1, a2 verlaufende Abschnitt **601'** der wenigstens einen am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung im wesentlichen frei von Zugspannungen gehalten ist; dies im besonderen dauerhaft auch bei betriebsgemäß schwingendem Innenteil und bei allfällig auftretenden Temperaturschwankungen. Falls erforderlich, kann die so verlegte Anschlußleitung im weiteren Verlauf zudem jeweils auch entlang einer inneren Wandoberfläche des Wandlergehäuses **30** verlegt und zumindest punktuell daran fixiert sein.

**[0102]** Bei der in [Fig. 2](#) gezeigten Variante ist der erfindungsgemäße Meßwandler ferner in der Weise ausgebildet, daß sämtliche der im Betrieb zumindest zeitweise Strom führenden Anschlußleitungen zumindest abschnittsweise am selben Ausleger gehalten sind. Dies hat u. a. den Vorteil, daß die Anschlußleitungen sukzessive zu einem gemeinsamen Leitungsbündel zusammengefaßt und im weiteren Verlauf mit vergleichsweise wenig Aufwand geführt und gegebenenfalls auch zusätzlich fixiert werden können.

**[0103]** Alternativ oder in Ergänzung dazu kann der erfindungsgemäße Meßwandler ferner so ausgebildet sein, daß an einem der beiden Ausleger keine der im Betrieb zumindest zeitweise elektrischen Strom führenden Anschlußleitungen gehalten ist. Dies im besonderen auch dann, wenn, wie auch in [Fig. 2](#) dargestellt, an dem anderen der beiden Ausleger sämtliche der im Betrieb zumindest zeitweise elektrischen Strom führenden Anschlußleitungen gehalten sind. Alternativ dazu ist es aber auch möglich, die Anschlußleitungen anteilig an dem ersten Ausleger und anteilig am zweiten Ausleger entsprechend zu fixieren, so daß also an jedem der beiden Ausleger zumindest eine der Anschlußleitungen gehalten ist. Daher ist gemäß einer weiteren – in [Fig. 9](#) schematisch dargestellten – Variante der Erfindung vorgesehen, am ersten Ausleger **15** zumindest eine erste Anschlußleitung **601** und am zweiten Ausleger **16** zumindest eine zweite Anschlußleitung **602** zu halten. Gemäß einer Ausgestaltung dieser Variante der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß die beiden Anschlußleitungen **601**, **602** zumindest entlang des jeweils haltenden Auslegers in gleicher Weise verlegt und/oder zumindest am jeweils haltenden Ausleger in gleicher Weise fixiert sind. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß diese beiden Anschlußleitungen **601**, **602** zueinander im wesentlichen symmetrisch verlegt sind.

**[0104]** Wie bereits erwähnt, verläuft zumindest ein

im wesentlichen freischwingender Abschnitt jeder Anschlußleitungen zwischen zwei Abspannpunkten a1, a2, von denen der erste (a1) auf dem die Anschlußleitung führenden Innenteil und der zweite (a2) entsprechend am Wandlergehäuse **30** plaziert ist. Zur Verringerung seitens der Anschlußleitungen in das Innenteil im Betrieb allfällig eingekoppelter Dämpfungskräfte ist gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ferner vorgesehen, daß die beiden Abspannpunkte a1, a2 so angeordnet sind, daß ein relativer Abstand A' dazwischen auch bei im obigen Sinne biegeschwingendem Meßrohr **10** im wesentlichen unverändert bleibt oder allenfalls nur unwesentlich verändert wird.

**[0105]** Im Hinblick darauf, daß das in der vorbeschriebenen Weise mittels des Meßrohrs, des Gegenschwingers, der beiden Ausleger sowie des Einlaß- und des Auslaßrohrstücks gebildete Innenteil derart dimensioniert werden kann, daß im Betrieb jeder der beiden Ausleger wenigstens einen Ruhepunkt aufweist, der auch bei lateral bewegter zugehöriger Kopplungszone zumindest lateral im wesentlichen ortsfest in einer zugehörigen statischen Ruhelage verharrt, eignen sich solche Ruhepunkte oder diese unmittelbar umgebende Ruhebereich des Auslegers zur Fixierung von Anschlußleitungen, dies im besonderen auch für den oben beschriebenen Fall, daß die wenigstens eine am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung zwischen zwei Abspannpunkten der vorgenannten Art im wesentlichen freischwingend verläuft. Einerseits kann so erreicht werden, daß die jeweilige Anschlußleitung zum einen selbst keinen oder nur sehr geringen mechanischen Belastungen aufgrund von Vibrationen des Innenteils ausgesetzt ist und zum anderen zumindest in diesem Bereich keine nennenswert auf das Innenteil rückwirkenden Dämpfungskräfte erzeugt.

**[0106]** Zur weiteren Reduzierung allfällig von den Anschlußleitungen verursachten, auf das vibrierenden Innenteil, insb. bezüglich des erwähnten Coriolis-Modus asymmetrisch, rückwirkender Dämpfungskräfte ist daher gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung zumindest anteilig an dessen wenigstens einem Ruhepunkt oder zumindest innerhalb eines diesen unmittelbar umgebenden wenigstens Ruhebereich gehalten ist. Von besonderem Vorteil ist es dabei, den ersten Abspannpunkt so am Ausleger zu plazieren, daß er mit dem wenigstens einen Ruhepunkt im wesentlichen koinzidiert. Zur Minimierung der Länge des freischwingenden Abschnitts der so gehaltenen Anschlußleitung ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung der zweite Abspannpunkt für diese Anschlußleitung vis-a-vis des ersten Abspannpunktes am Wandlergehäuse angeordnet.

**[0107]** Wie bereits erwähnt, kann der Meßwandler neben den für das Erfassen von Vibrationen des

Meßrohrs vorgesehenen Schwingungssensoren, wie beispielsweise auch in der EP-A 831 306, der US-B 70 40 179, 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 Innenteil angeordnete Sensoren **80** aufweisen. Die dafür entsprechend vorgesehenen Anschlußleitungen können dann in gleicher Weise geführt sein wie, die Anschlußleitungen für die Sensor- und/oder die Erregeranordnung, gegebenenfalls mit diesen zu einem Leitungsbündel zusammengefaßt. Demgemäß ist in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung des weiteren vorgesehen, daß der Meßwandler wenigstens einen am Gegenschwinger fixierten Temperatursensor und/oder wenigstens einen am Gegenschwinger fixierten Dehnungssensor sowie Anschlußleitungen **603** dafür aufweist. Im besonderen ist ferner vorgesehen, daß von den Anschlußleitungen für den Temperatursensor und/oder den Dehnungssensor zumindest eine, insb. auch sämtliche, zumindest anteilig an wenigstens einem der beiden Ausleger gehalten ist; insb. in gleicher Weise wie die Anschlußleitungen für die Erreger- und/oder die Sensoranordnung.

**[0108]** Der erfindungsgemäße Meßwandler zeichnet sich durch eine in erheblichem Maße reduzierte Asymmetrie in dem entlang des schwingenden Innenteils auftretend Dämpfungskraftbelag aus und ist dabei sowohl für Meßrohre mit eher kleineren Nennweiten DN, insb. im Bereich von kleiner als 10 mm, als auch im besonderen für die Einsatz in Rohrleitung mit einem Kalibrier von mehr als 50 mm und damit einhergehend auch für Meßrohre mit Nennweiten von wesentlich größer als 40 mm geeignet. Für den Fachmann besteht im übrigen nunmehr auch keine Schwierigkeit mehr darin, die exemplarisch gezeigten Varianten hinsichtlich der Führung und/oder Fixierung der Anschlußleitungen bei der Fertigung solcher Meßwandler entsprechend den tatsächlichen Gegebenheiten gegebenenfalls auch durch eine etwas veränderte Leitungsführung im Sinne der Lehre der Erfindung geeignet abzuwandeln.

## Patentansprüche

1. Meßwandler vom Vibrationstyp für ein in einer Rohrleitung strömendes Medium, welcher Meßwandler umfaßt:
  - ein im Betrieb zumindest zeitweise vibrierendes Meßrohr (**10**) zum Führen des Mediums, wobei das Meßrohr (**10**) über ein einlaßseitig einmündendes Einlaßrohrstück (**11**) und über ein auslaßseitig einmündendes Auslaßrohrstück (**12**) mit der Rohrleitung kommuniziert,
  - 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,

- einen ersten Ausleger (15),
- der im Bereich der ersten Kopplungszone (11#) mit dem Einlaßrohrstück (11) und dem Meßrohr (10) gekoppelt ist, und
- der einen im Bereich des Einlaßrohrstücks (11) liegenden Massenschwerpunkt,  $M_{15}$ , aufweist, und
- einen zweiten Ausleger (16),
- der im Bereich der zweiten Kopplungszone (12#) mit dem Auslaßrohrstück (11) und dem Meßrohr (10) gekoppelt ist, und
- der einen im Bereich des Auslaßrohrstücks (12) liegenden Massenschwerpunkt,  $M_{16}$ , aufweist,
- eine zumindest anteilig am Gegenschwinger (20) gehaltene Sensoranordnung (50) zum Erfassen von Schwingungen zumindest des Meßrohrs (10),
- eine zumindest anteilig am Gegenschwinger (20) gehaltene Erregeranordnung (40) zum Antreiben zumindest des Meßrohrs (10),
- ein am Einlaßrohrstück (11) und am Auslaßrohrstück (12) fixiertes Wandlergehäuse (30), sowie
- Anschlußleitungen (60), insb. für die Erregeranordnung und/oder für die Sensoranordnung,
- wobei an wenigstens einem der beiden Ausleger zumindest eine der Anschlußleitungen (60) gehalten ist.

2. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei zumindest die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung im weiteren Verlauf auch entlang einer inneren Wandoberfläche des Wandlergehäuses verlegt und zumindest punktuell daran fixiert ist.

3. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei ein Abschnitt der wenigstens einen am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung zwischen zwei Abspannpunkten verläuft, von denen ein erster Abspannpunkt auf dem die Anschlußleitung haltenden Ausleger und ein zweiter Abspannpunkt am Wandlergehäuse angeordnet ist.

4. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei der zwischen den beiden Abspannpunkten verlaufende Abschnitt der wenigstens einen am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung im wesentlichen freischwingend verlegt ist.

5. Meßwandler nach Anspruch 3 oder 4, wobei der zwischen den beiden Abspannpunkten verlaufende Abschnitt der wenigstens einen am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung im wesentlichen, insb. dauerhaft, frei von Zugspannungen gehalten ist.

6. Meßwandler nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei die beiden Abspannpunkte so angeordnet sind, daß ein relativer Abstand (A) dazwischen auch bei vibrierendem Meßrohr im wesentlichen unverändert bleibt.

7. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zumindest die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung im weiteren Verlauf auch entlang zumindest eines Abschnitts des Gegenschwingers (20) verlegt und zumindest punktuell daran fixiert ist.

8. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Meßrohr und Gegenschwinger im Betrieb zumindest zeitweise und/oder anteilig in einem Nutzmode lateral oszillieren, in dem sie im wesentlichen koplanare Biegeschwingungen in einer gemeinsamen gedachten Schwingungsebene ausführen.

9. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung zumindest anteilig außerhalb der gemeinsamen Schwingungsebene von Meßrohr und Gegenschwinger am Ausleger fixiert ist.

10. Meßwandler nach Anspruch 8 oder 9, wobei die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung zumindest anteilig außerhalb der gemeinsamen Schwingungsebene von Meßrohr und Gegenschwinger am Gegenschwinger fixiert ist.

11. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Meßrohr im Betrieb zumindest zeitweise Biegeschwingungen um eine gedachte Biegeschwingungsachse ausführt, die die beiden Kopplungszonen (11#, 12#) imaginär miteinander verbindet.

12. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei auch der Gegenschwinger im Betrieb zumindest zeitweise Biegeschwingungen um eine Biegeschwingungsachse ausführt, und wobei die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung zumindest anteilig, insb. überwiegend, entlang einer sich bei biegeschwingendem Gegenschwinger im wesentlichen nicht verzerrenden neutralen Faser des Gegenschwingers an selbigem fixiert ist.

13. Meßwandler nach Anspruch 11 oder 12, wobei das Meßrohr (10) im wesentlichen gerade ist.

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

15. Meßwandler nach Anspruch 13 oder 14, wobei das Meßrohr im Betrieb zumindest zeitweise Torsionsschwingungen um eine mit der Biegeschwingungsachse im wesentlichen parallelen, insb. koinzidierenden, Torsionsschwingungsachse ausführt.

16. Meßwandler nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei jeder der beiden Ausleger im Betrieb zumindest zeitweise Drehschwingungen um eine im

wesentlichen quer zur Biegeschwingungsachse verlaufende gedachte Drehachse ( $D_{15x}$ ,  $D_{16x}$ ) ausführt.

17. Meßwandler nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei die Kopplungszonen (**11#**, **12#**) bei vibrierendem Meßrohr zumindest zeitweise lateral aus einer statischen Ruhelage bewegt sind.

18. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei jeder der beiden Ausleger infolge des lateralen Bewegens der Kopplungszonen Drehschwingungen um eine im wesentlichen quer zur Biegeschwingungsachse verlaufende, imaginäre Drehachse ( $D_{15x}$ ,  $D_{16x}$ ) ausführt.

19. Meßwandler nach Anspruch 17 oder 18, wobei jeder der beiden Ausleger wenigstens einen Ruhepunkt aufweist, der auch bei lateral bewegten Kopplungszonen im wesentlichen ortsfest in einer zugehörigen statischen Ruhelage verharrt und/oder der einen relativen Abstand zu einem sowohl vom Einlaßrohrstück als auch vom Auslaßrohrstück entfernten Bereich des Wandlergehäuses im wesentlichen beibehält.

20. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei jeder der beiden Ausleger wenigstens einen Ruhebereich aufweist, der auch bei lateral bewegten Kopplungszonen im wesentlichen ortsfest in einer zugehörigen statischen Ruhelage verharrt und/oder der einen relativen Abstand zu einem sowohl vom Einlaßrohrstück als auch vom Auslaßrohrstück entfernten Bereich des Wandlergehäuses im wesentlichen beibehält.

21. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung zumindest anteilig innerhalb von dessen wenigstens einem Ruhebereich gehalten ist.

22. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei ein Abschnitt der wenigstens einen am Ausleger gehaltenen Anschlußleitung zwischen zwei Abspannpunkten im wesentlichen freischwingend verläuft, von denen zumindest ein erster Abspannpunkt auf dem die Anschlußleitung haltenden Ausleger, insb. innerhalb von dessen wenigstens einem Ruhebereich, angeordnet ist.

23. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei der erste Abspannpunkt am Ausleger mit dem wenigstens einen Ruhepunkt koinzidiert.

24. Meßwandler nach Anspruch 22 oder 23, wobei ein zweiter Abspannpunkt für die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung, insb. vis-a-vis des ersten Abspannpunktes, am Wandlergehäuse angeordnet ist.

25. Meßwandler nach einem der vorherigen An-

sprüche, wobei die wenigstens eine am Ausleger gehaltene Anschlußleitung zumindest anteilig, insb. überwiegend, adhäsiv am Ausleger fixiert ist.

26. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei am ersten Ausleger zumindest eine erste Anschlußleitung und am zweiten Ausleger eine zweite Anschlußleitung gehalten sind.

27. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei die beiden Anschlußleitungen zumindest entlang des jeweils haltenden Auslegers in gleicher Weise verlegt und/oder zumindest am jeweils haltenden Ausleger in gleicher Weise fixiert sind.

28. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die beiden Anschlußleitungen zueinander im wesentlichen symmetrisch verlegt sind.

29. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei sämtliche Anschlußleitungen am selben Ausleger gehalten sind.

30. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zumindest zwei der Anschlußleitungen zu einem Leitungspaar zusammengefaßt sind, und wobei das wenigstens eine Leitungspaar an zumindest einem der Ausleger gehalten ist.

31. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, weiters umfassend wenigstens einen am Gegenschwinger fixierten Temperatursensor sowie Anschlußleitungen dafür, von denen zumindest eine zumindest anteilig an wenigstens einem der beiden Ausleger gehalten ist.

32. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Erregeranordnung wenigstens eine Spule sowie Anschlußleitungen dafür umfaßt, von denen zumindest eine zumindest anteilig an wenigstens einem der beiden Ausleger gehalten ist.

33. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei die wenigstens eine Spule der Erregeranordnung mit dem Gegenschwinger mechanisch, insb. starr, gekoppelt ist.

34. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Sensoranordnung wenigstens eine Spule sowie Anschlußleitungen dafür umfaßt, von denen zumindest eine zumindest anteilig an wenigstens einem der beiden Ausleger gehalten ist.

35. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei die wenigstens eine Spule der Sensoranordnung mit dem Gegenschwinger mechanisch, insb. starr, gekoppelt ist.

36. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, weiters umfassend wenigstens einen am

Meßrohr fixierten Temperatursensor und/oder wenigstens einen am Meßrohr fixierten Dehnungssensor sowie Anschlußleitungen dafür, von denen zumindest eine zumindest anteilig an wenigstens einem der beiden Ausleger gehalten ist.

37. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei von den Anschlußleitungen zumindest die wenigstens eine am Ausleger gehaltene im Betrieb zumindest zeitweise elektrischen Strom führt.

38. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei sämtlich der am wenigstens eine Ausleger gehaltenen Anschlußleitungen im Betrieb zumindest zeitweise elektrischen Strom führen.

39. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei an einem der beiden Ausleger sämtliche der Anschlußleitungen gehalten sind.

40. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei an jedem der beiden Ausleger zumindest eine der Anschlußleitungen gehalten ist.

41. Meßwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 39, wobei an einem der beiden Ausleger keine der Anschlußleitungen gehalten ist.

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

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

44. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei Meßrohr (10), Einlaßrohrstück (11) und dem Auslaßrohrstück (12) jeweils durch Segmente eines einzigen, einstückigen Rohres gebildet sind.

45. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei jeder der Ausleger (15, 16) zumindest anteilig unmittelbar am Gegenschwinger (20) fixiert ist.

46. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei jeder der Ausleger (15, 16) mittels einer auf den Gegenschwinger (20) aufgeschobenen Hülse gebildet ist.

47. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei jeder der beiden Ausleger (15, 16) eine Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , aufweist, die mindestens gleich der Masse,  $m_{20}$ , des Gegenschwingers (20) ist.

48. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei jeder der beiden Ausleger (15, 16) eine Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , aufweist, die kleiner ist als ein

5-faches der Masse,  $m_{20}$ , des Gegenschwingers (20).

49. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei jeder der beiden Ausleger (15, 16) im wesentlichen röhrenförmig oder hülsenförmig ausgebildet ist.

50. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei jeder der Ausleger eine größte Wandstärke aufweist, die größer als eine größte Wandstärke des Gegenschwingers (20) ist.

51. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei jeder der Ausleger (15, 16) eine kleinste Wandstärke aufweist, die größer als eine größte Wandstärke des Gegenschwingers (20) ist.

52. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei Einlaßrohrstück (11) und Auslaßrohrstück (12) im wesentlichen gerade sind.

53. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei Einlaßrohrstück (11) und Auslaßrohrstück (12) zueinander sowie zu einer die beiden Kopplungszonen imaginär verbindenden Längsachse (L) des Meßwandlers im wesentlichen fluchtend ausgerichtet sind.

54. Meßwandler nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der erste Ausleger (15) ein erstes Massenträgheitsmoment,  $J_{15x}$ , um eine in der ersten Kopplungszone liegende imaginäre erste Drehachse,  $D_{15x}$ , sowie ein zweites Massenträgheitsmoment,  $J_{15z}$ , um eine zur Meßrohr-Längsachse im wesentlichen parallele imaginäre zweite Drehachse,  $D_{15z}$ , aufweist und wobei der zweite Ausleger (16) ein erstes Massenträgheitsmoment,  $J_{16x}$ , um eine in der zweiten Kopplungszone liegende, zur ersten Drehachse,  $D_{15x}$ , im wesentlichen parallele imaginäre zweite Drehachse,  $D_{16x}$ , sowie ein zweites Massenträgheitsmoment,  $J_{16z}$ , um eine zur Meßrohr-Längsachse im wesentlichen parallele imaginäre zweite Drehachse,  $D_{16z}$ , aufweist.

55. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei ein Verhältnis,  $J_{15x}/J_{15z}$ ,  $J_{16x}/J_{16z}$ , des ersten Massenträgheitsmoments,  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$ , eines jeden Auslegers (15, 16) zu dessen jeweiligen zweiten Massenträgheitsmoment,  $J_{15z}$ ,  $J_{16z}$ , kleiner als 5, insb. kleiner als 2 ist.

56. Meßwandler nach Anspruch 54 oder 55, wobei jedes der beiden ersten Massenträgheitsmomente,  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$ , mindestens  $0,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$  und/oder wobei jedes der beiden zweiten Massenträgheitsmomente,  $J_{15z}$ ,  $J_{16z}$ , mindestens  $0,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$  beträgt.

57. Meßwandler nach einem der Ansprüche 54 bis 56, wobei ein Quotient  $J_{15x}/m_{15}$ ,  $J_{16x}/m_{16}$ , des ersten Massenträgheitsmoments,  $J_{15x}$ ,  $J_{16x}$ , eines jeden

Auslegers (**15**, **16**) zu dessen jeweiliger Masse,  $m_{15}$ ,  $m_{16}$ , kleiner als  $0,03 \text{ m}^2$  ist, insb. in einem Bereich zwischen  $0,001 \text{ m}^2$  und  $0,01 \text{ m}^2$  liegt.

58. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei ein Verhältnis des Quotienten  $J_{15x}/m_{15}$ , des ersten Auslegers (**15**) wie auch ein Verhältnis des Quotienten  $J_{16x}/m_{16}$ , des zweiten Auslegers (**16**) zu einer Querschnittsfläche des Meßrohrs  $A_{10}$  kleiner als 10 ist.

59. Meßwandler nach dem vorherigen Anspruch, wobei der erste Ausleger (**15**) die Bedingung

$$0,5 < \frac{J_{15x}}{m_{15} \cdot A_{10}} < 5$$

und der zweite Ausleger (**16**) die Bedingung

$$0,5 < \frac{J_{16x}}{m_{16} \cdot A_{10}} < 5$$

erfüllen.

60. Verwendung eines Meßwandlers gemäß einem der vorherigen Ansprüche in einem In-Line-Meßgerät zum Messen und/oder Überwachen wenigstens eines Parameters, insb. eines Massendurchflusses,  $m$ , einer Dichte,  $\rho$ , und/oder einer Viskosität,  $\eta$ , eines in einer Rohrleitung strömenden Mediums, insb. einem Coriolis-Massendurchflußmeßgerät, einem Dichtemeßgerät, einem Viskositätsmeßgerät oder dergleichen.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

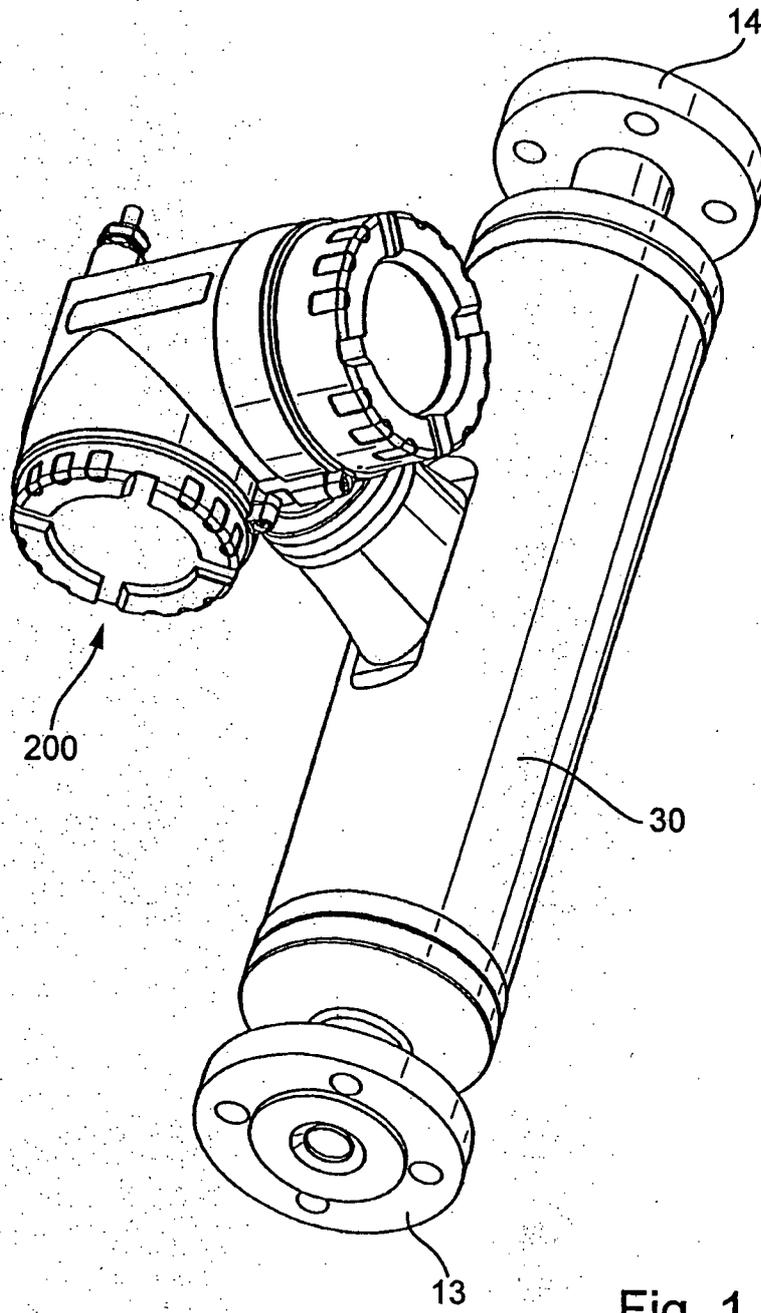
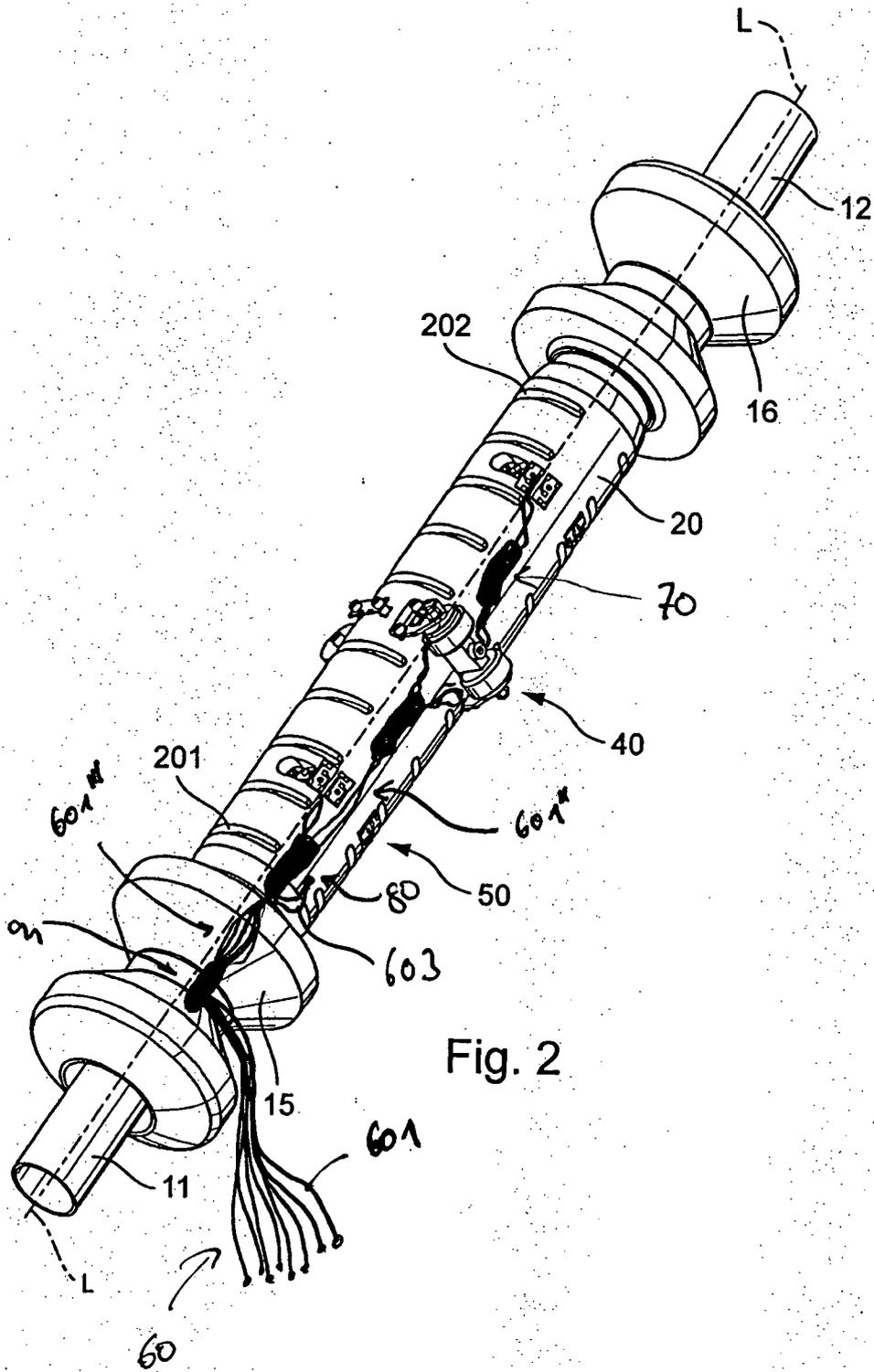


Fig. 1



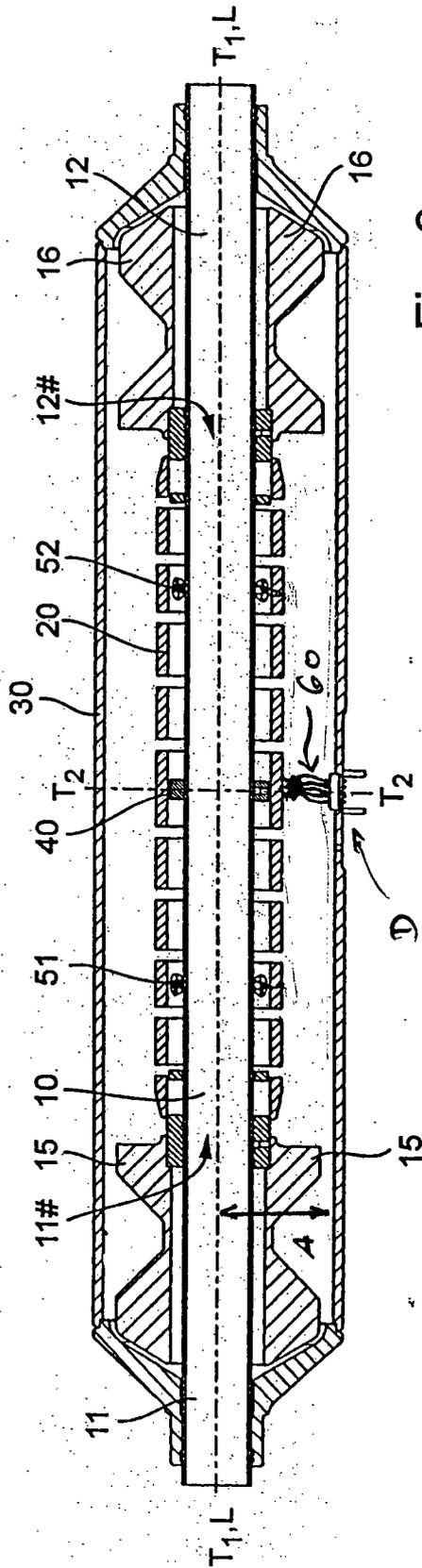


Fig. 3 a

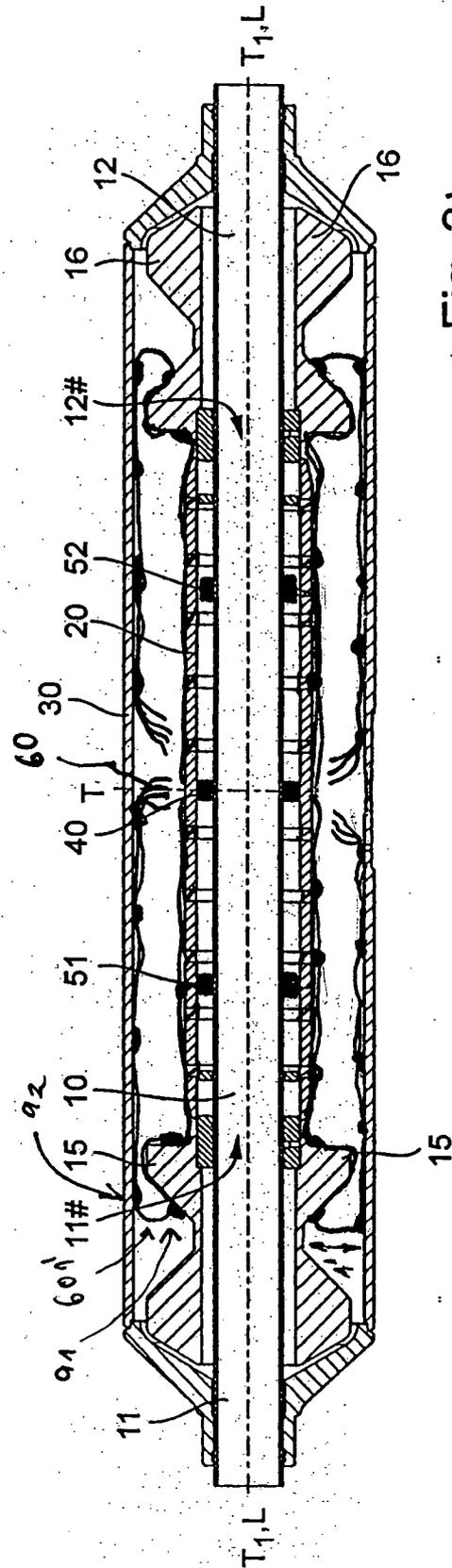


Fig. 3b

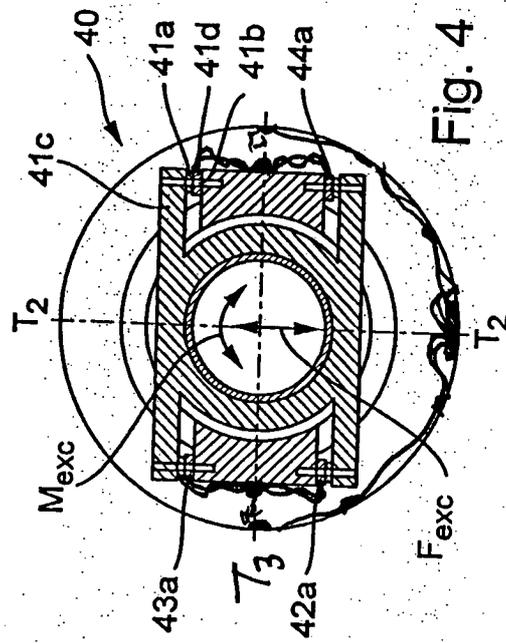


Fig. 4

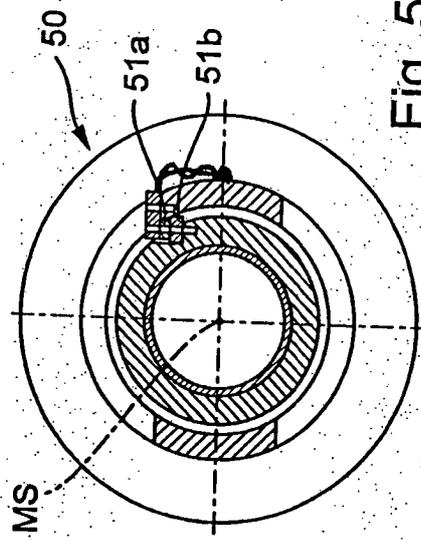


Fig. 5

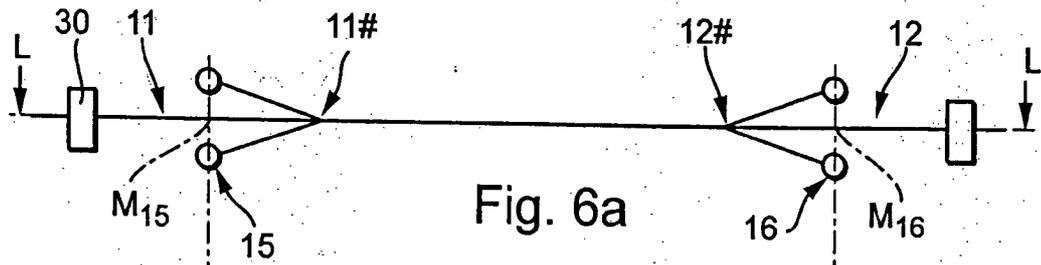


Fig. 6a

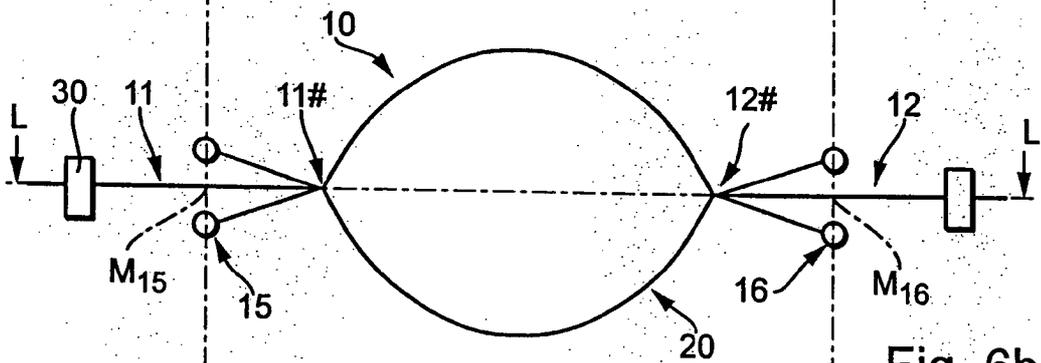


Fig. 6b

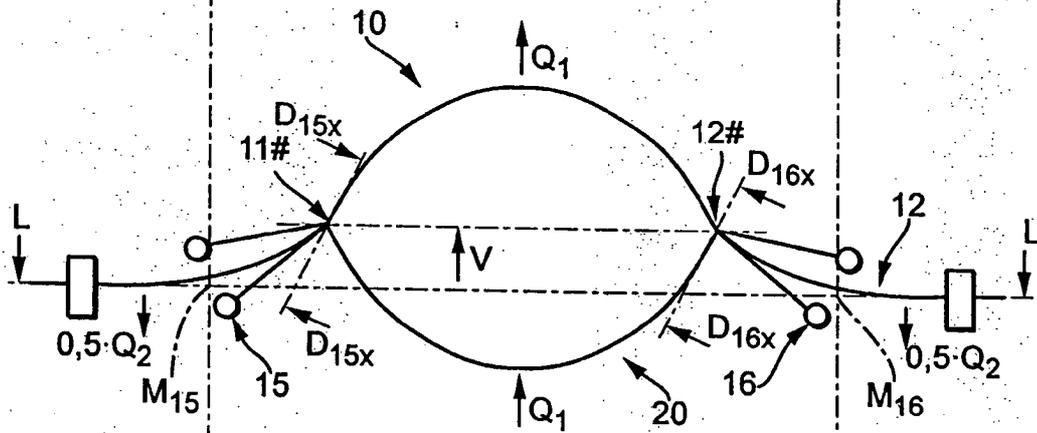


Fig. 6c

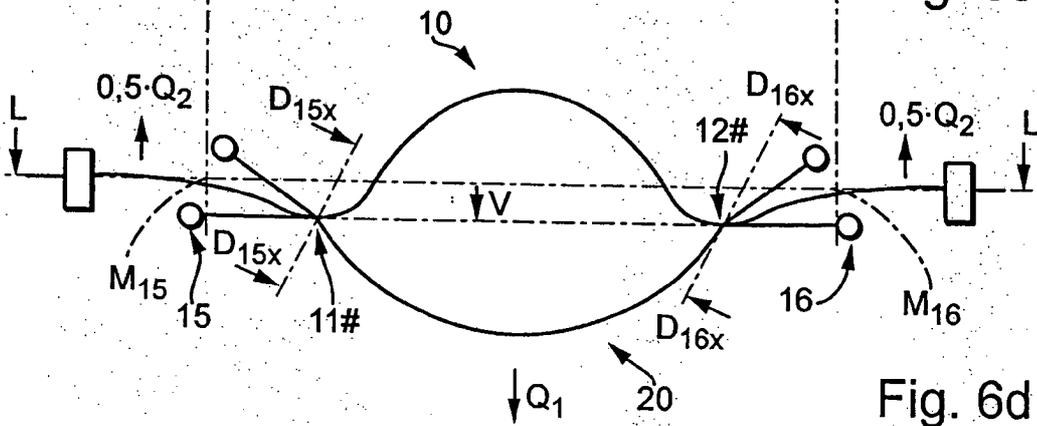


Fig. 6d

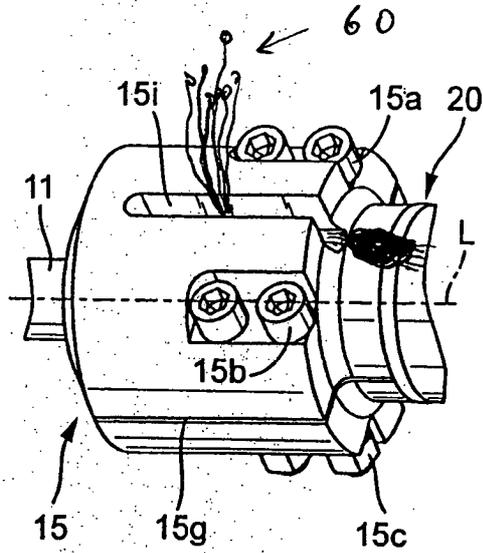


Fig. 7a

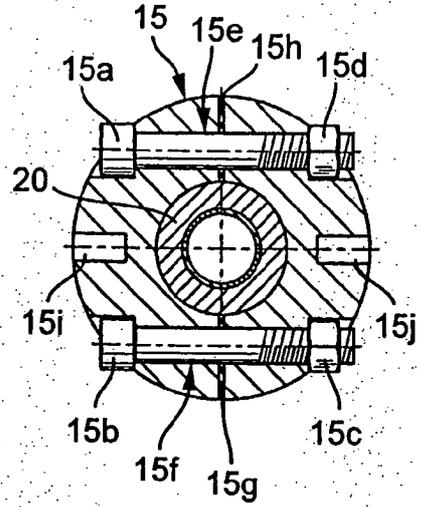


Fig. 7b

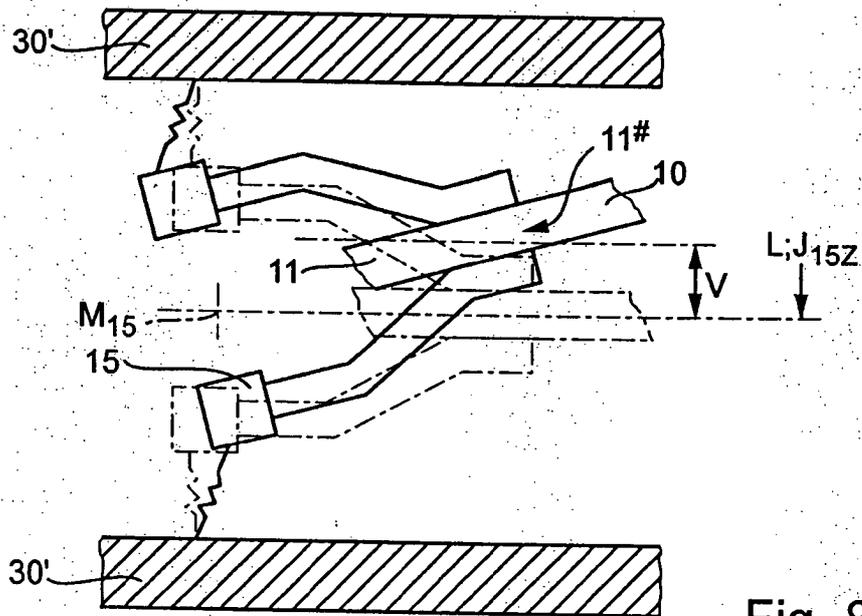


Fig. 8

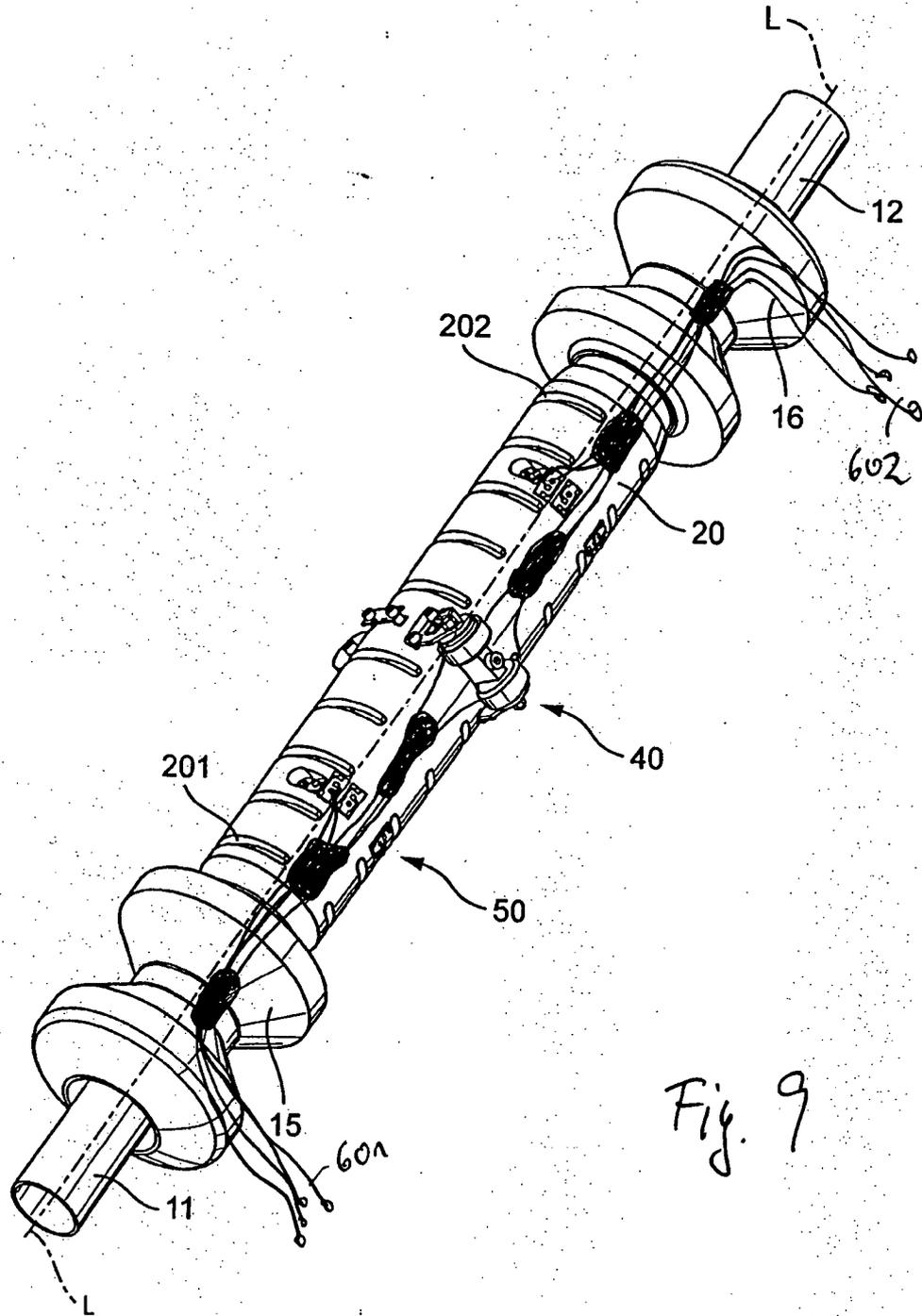


Fig. 9