



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 006 971.2**

(22) Anmeldetag: **07.04.2011**

(43) Offenlegungstag: **11.10.2012**

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

(71) Anmelder:

Endress + Hauser Flowtec AG, Reinach, CH

(74) Vertreter:

Andres, Angelika, Dipl.-Phys., 79576, Weil am Rhein, DE

(72) Erfinder:

Rieder, Alfred, 84032, Landshut, DE; Drahm, Wolfgang, 85435, Erding, DE; Wiesmann, Michael, 85356, Freising, DE; Huber, Christof, Bern, CH; Anklin, Martin, Dornach, CH

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

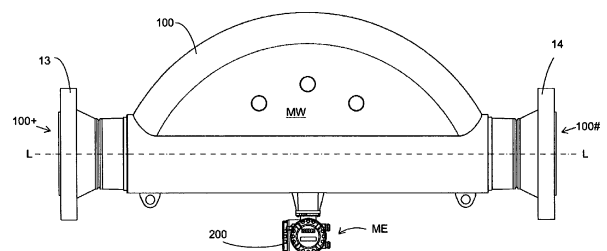
DE	103 51 311	B3
DE	102 37 209	A1
DE	10 2006 062 219	A1

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

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Meßwandler vom Vibrationstyp sowie Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Der Meßwandler dient dem Erzeugen von mit Parameter eines strömenden Mediums, beispielsweise also einer Massendurchflußrate, einer Dichte und/oder einer Viskosität, korrespondierenden Vibrationsignalen und umfaßt ein Meßwandlergehäuse mit einem Gehäuseende (100+) und mit einem Gehäuseende (100#) sowie eine sich innerhalb des Meßwandlergehäuse von dessen Gehäuseende (100+) bis zu dessen Gehäuseende (100#) erstreckende, mittels wenigstens zweier Rohre (11, 12) gebildete Rohranordnung. Von den zwei Rohren ist zumindest das Rohr (11) als ein dem Führen von strömendem Medium dienendes Meßrohr ausgebildet und ist das Rohr (12) unter Bildung einer einlaßseitigen Kopplungszone (11+, 12+) mittels eines Kopplerelements (25) und unter Bildung einer auslaßseitigen Kopplungszone (11#, 12#) mittels eines Kopplerelements (26) mit dem Rohr (11) mechanisch verbunden. Das Kopplerelement (25) ist gleichwertig vom Gehäuseende (100+) entfernt angeordnet, wie das Kopplerelement (26) vom Gehäuseende (100#). Ferner weist das Kopplerelement (25) eine Biegesteifigkeit um einen Massen-schwerpunkt (M_{25}) des Kopplerelements (25) und einen Massen-schwerpunkt (M_{26}) des Kopplerelements (26) imaginär verbindende, nämlich das Kopplerelement (25) mit einem gleichen Schnittwinkel wie das Kopplerelement (26) imaginär schneidende, gedachte Längsachse (K) der Rohranordnung auf, die von einer Biegesteifigkeit des Kopplerelements (26) um nämliche gedachte Längsachse (K) der Rohranordnung abweicht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Meßwandler vom Vibrationstyp sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Meßwandlers vom Vibrationstyp. Darüberhinaus betrifft die Erfindung auch ein mittels eines solchen Meßwandlers gebildetes Meßsystem.

[0002] In der industriellen Meßtechnik werden, insb. auch im Zusammenhang mit der Regelung und Überwachung von automatisierten verfahrenstechnischen Prozessen, zur Ermittlung von charakteristischen Meßgrößen von in einer Prozeßleitung, beispielsweise einer Rohrleitung, strömenden Medien, beispielsweise von Flüssigkeiten und/oder Gasen, oftmals solche Meßsysteme verwendet, die mittels eines Meßwandlers vom Vibrationstyp und einer daran angeschlossenen, zumeist in einem separaten Elektronik-Gehäuse untergebrachten, Umformer-Elektronik, im strömenden Medium Reaktionskräfte, beispielsweise Corioliskräfte, induzieren und von diesen abgeleitet wiederkehren die wenigstens eine Meßgröße, beispielsweise eine Massedurchflußrate, einer Dichte, einer Viskosität oder einem anderen Prozeßparameter, entsprechend repräsentierende Meßwerte erzeugen. Derartige – oftmals mittels eines In-Eine-Meßgeräts in Kompaktbauweise mit integriertem Meßwandler, wie etwa einem Coriolis-Massedurchflußmesser, gebildete – Meßsysteme sind seit langem bekannt und haben sich im industriellen Einsatz bewährt. Beispiele für solche Meßsysteme mit einem Meßwandler vom Vibrationstyp oder auch einzelnen Komponenten davon, sind z. B. in der EP-A 421 812, der EP-A 462 711, der EP-A 763 720, der EP-A 1 248 084, der US-A 46 80 974, der US-A 47 38 144, der US-A 47 68 384, der US-A 48 01 897, der US-A 48 23 614, der US-A 4879 911, der US-A 50 09 109, der US-A 50 50 439, der US-A 53 59 881, der US-A 56 02 345, der US-A 56 10 342, der US-A 57 34 112, der US-A 57 96 011, der US-A 59 26 096, der US-A 59 69 264, US-B 71 27 952, der US-A 60 92 429, der US-B 63 11 136, der US-B 68 83 387, der US-B 73 25 461, der US-B 73 92 709, der US-B 74 21 350, der US-B 76 10 795, der US-A 2010/0050783, der US-A 2010/0251830, der US-A 2010/0242623, der WO-A 96/08697, der WO-A 98/40702, der WO-A 2004/099735, der WO-A 2005/050145, der WO-A 2007/040468, der WO-A 2008/059015, der WO-A 2010/059157 oder der eigenen, nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE 10 2009 046 043.8 beschrieben.

[0003] Darin gezeigte Meßwandler umfassen wenigstens zwei in einem Meßwandler-Gehäuse untergebrachte baugleiche, im wesentlichen gerade oder gekrümmte, z. B. U-, oder V-förmige, Meßrohre zum Führen des – gegebenenfalls auch inhomogenen, extrem heißen oder auch sehr zähen – Me-

diams. Die wenigstens zwei Meßrohre können, wie beispielsweise in der erwähnten US-A 57 34 112, US-A 57 96 011 oder der US-A 2010/0242623 gezeigt, unter Bildung einer Rohranordnung mit zueinander parallel geschalteten Strömungspfaden über ein sich zwischen den Meßrohren und einem einlaßseitigen Anschlußflansch erstreckenden einlaßseitig Strömungsteiler sowie über ein sich zwischen den Meßrohren und einem auslaßseitigen Anschlußflansch erstreckenden auslaßseitig Strömungsteiler in die Prozeßleitung eingebunden sein. Die Meßrohre können aber auch, wie beispielsweise in der erwähnten EP-A 421 812, der EP-A 462 711, der EP-A 763 720 gezeigt, unter Bildung einer Rohranordnung mit einem einzigen durchgehenden Strömungspfad via Ein- und Auslaßrohrstück in die Prozeßleitung eingebunden sein. Im Meßbetrieb werden die dann – parallel bzw. seriell – durchströmten Meßrohre zwecks Generierung von durch das hindurchströmende Medium mit beeinflussten Schwingungsformen vibrieren gelassen.

[0004] Als angeregte Schwingungsform – dem sogenannten Nutzmode – wird bei Meßwandlern mit gekrümmten Meßrohren üblicherweise jene Eigenschwingungsform (Eigenmode) gewählt, bei denen jedes der Meßrohre zumindest anteilig bei einer natürlichen Resonanzfrequenz (Eigenfrequenz) um eine gedachte Längsachse des Meßwandlers nach Art eines an einem Ende eingespannten Auslegers pendelt, wodurch im hindurchströmenden Medium vom Massendurchfluß abhängige Corioliskräfte induziert werden. Diese wiederum führen dazu, daß den angeregten Schwingungen des Nutzmodes, im Falle gekrümmter Meßrohre also pendelartigen Auslegerschwingungen, dazu gleichfrequente Biegeschwingungen gemäß wenigstens einer ebenfalls natürlichen zweiten Schwingungsform von im Vergleich zum Nutzmode höherer (modaler) Ordnung, dem sogenannten Coriolismode, überlagert werden. Bei Meßwandlern mit gekrümmtem Meßrohr entsprechen diese durch Corioliskräfte erzwungenen Auslegerschwingungen im Coriolismode üblicherweise jener Eigenschwingungsform, bei denen das Meßrohr auch Drehschwingungen um eine senkrecht zur Längsachse ausgerichtete gedachte Hochachse ausführt. Bei Meßwandlern mit geradem Meßrohr hingegen wird zwecks Erzeugung von massendurchflußabhängigen Corioliskräften oftmals ein solcher Nutzmode gewählt, bei dem jedes der Meßrohre zumindest anteilig Biegeschwingungen im wesentlichen in einer einzigen gedachten Schwingungsebene ausführt, so daß die Schwingungen im Coriolismode dementsprechend als zu den Nutzmode-schwingungen komplanare Biegeschwingungen gleicher Schwingfrequenz ausgebildet sind.

[0005] Zum aktiven Erregen von Schwingungen der wenigstens zwei Meßrohre weisen Meßwandler vom Vibrationstyp des weiteren eine im Betrieb von einem

von der erwähnten Umformer-Elektronik bzw. einer darin entsprechend vorgesehenen, speziellen Treiberschaltung generierten und entsprechend konditionierten elektrischen Treibersignal, z. B. einem geregelten Strom, angesteuerte Erregeranordnung auf, die das Meßrohr mittels wenigstens eines im Betrieb von einem Strom durchflossenen, auf die wenigstens zwei Meßrohre praktisch direkt, insb. differentiell, einwirkenden elektro-mechanischen, insb. elektro-dynamischen, Schwingungserregers zu, insb. gegengleichen, Biegeschwingungen im Nutzmode anregt. Desweiteren umfassen derartige Meßwandler eine Sensoranordnung mit, insb. elektro-dynamischen, Schwingungssensoren zum zumindest punktuellen Erfassen einlaßseitiger und auslaßseitiger Schwingungen wenigstens eines der Meßrohre, insb. gegengleichen Biegeschwingungen der Meßrohre im Coriolismode, und zum Erzeugen von vom zu erfassenden Prozeßparameter, wie etwa dem Massedurchfluß oder der Dichte, beeinflussten, als Vibrationssignale des Meßwandlers dienenden elektrischen Sensorsignalen. Wie beispielsweise in der US-B 73 25 461 beschrieben können bei Meßwandlern der in Rede stehenden Art gegebenenfalls auch der Schwingungserreger zumindest zeitweise als Schwingungssensor und/oder ein Schwingungssensor zumindest zeitweise als Schwingungserreger verwendet werden. Die Erregeranordnung von Meßwandlern der in Rede stehenden Art weist üblicherweise wenigstens einen elektrodynamischen und/oder differentiell auf die Meßrohre einwirkenden Schwingungserreger auf, während die Sensoranordnung einen einlaßseitigen, zumeist ebenfalls elektrodynamischen, Schwingungssensor sowie wenigstens einen dazu im wesentlichen baugleichen auslaßseitigen Schwingungssensor umfaßt. Solche elektrodynamischen und/oder differentiellen Schwingungserreger marktgängiger Meßwandler vom Vibrationstyp sind mittels einer zumindest zeitweise von einem Strom durchflossenen an einem der Meßrohre fixierten Magnetspule sowie einen mit der wenigstens einen Magnetspule wechselwirkenden, insb. in diese eintauchenden, als Anker dienenden eher länglichen, insb. stabförmig ausgebildeten, Dauermagneten gebildet, der entsprechend am anderen, gegengleich zu bewegenden Meßrohr fixiert ist. Der Dauermagnet und die als Erregerspule dienende Magnetspule sind dabei üblicherweise so ausgerichtet, daß sie zueinander im wesentlichen coaxial verlaufen. Zudem ist bei herkömmlichen Meßwandlern die Erregeranordnung üblicherweise derart ausgebildet und im Meßwandler plazierte, daß sie jeweils im wesentlichen mittig an die Meßrohre angreift. Dabei ist der Schwingungserreger und insoweit die Erregeranordnung, wie beispielsweise auch bei den in der vorgeschlagenen Meßwandlern gezeigt, zumindest punktuell entlang einer gedachten mittigen Umfangslinie des jeweiligen Meßrohrs außen an diesem fixiert. Alternativ zu einer mittels eher zentral und direkt auf die jeweiligen Meßrohr wirkenden Schwingungserre-

gern gebildeten Erregeranordnung können, wie u. a. in der US-A 60 92 429 oder der US-A 48 23 614 vorgeschlagen, beispielsweise auch mittels zweier, jeweils nicht im Zentrum des jeweiligen Meßrohrs, sondern eher ein- bzw. auslaßseitig an diesem fixierten Schwingungserreger gebildete Erregeranordnungen verwendet werden.

[0006] Bei den meisten marktgängigen Meßwandlern vom Vibrationstyp sind die Schwingungssensoren der Sensoranordnung zumindest insoweit im wesentlichen baugleich ausgebildet wie der wenigstens eine Schwingungserreger, als sie nach dem gleichen Wirkprinzip arbeiten. Dementsprechend sind auch die Schwingungssensoren einer solchen Sensoranordnung zumeist jeweils mittels wenigstens einer an einem der Meßrohre fixierten, zumindest zeitweise von einem veränderlichen Magnetfeld durchsetzte und damit einhergehend zumindest zeitweise mit einer induzierten Meßspannung beaufschlagten sowie einem an einem anderen der Meßrohre fixierten, mit der wenigstens eine Spule zusammenwirkenden dauermagnetischen Anker gebildet, der das Magnetfeld liefert. Jede der vorgenannten Spulen ist zudem mittels wenigstens eines Paares elektrischer Anschlußleitungen mit der erwähnten Umformer-Elektronik des In-Line-Meßgeräts verbunden, die zumeist auf möglichst kurzem Wege von den Spulen hin zum Meßwandler-Gehäuse geführt sind. Aufgrund der Überlagerung von Nutz- und Coriolismode weisen die mittels der Sensoranordnung einlaßseitig und auslaßseitig erfaßten Schwingungen der vibrierenden Meßrohre eine auch vom Massedurchfluß abhängige, meßbare Phasendifferenz auf. Üblicherweise werden die Meßrohre derartiger, z. B. in Coriolis-Massedurchflußmessern eingesetzte, Meßwandler im Betrieb auf einer momentanen natürlichen Resonanzfrequenz der für den Nutzmode gewählten Schwingungsform, z. B. bei konstant geregelter Schwingungsamplitude, angeregt. Da diese Resonanzfrequenz im besonderen auch von der momentanen Dichte des Mediums abhängig ist, kann mittels marktüblicher Coriolis-Massedurchflußmesser neben dem Massedurchfluß zusätzlich auch die Dichte von strömenden Medien gemessen werden. Ferner ist es auch möglich, wie beispielsweise in der US-B 66 51 513 oder der US-B 70 80 564 gezeigt, mittels Meßwandlern vom Vibrationstyp, Viskosität des hindurchströmenden Mediums direkt zu messen, beispielsweise basierend auf einer für die Aufrechterhaltung der Schwingungen erforderlichen Erregerenergie bzw. Erregerleistung und/oder basierend auf einer aus einer Dissipation von Schwingungsenergie resultierenden Dämpfung von Schwingungen des wenigstens einen Meßrohrs, insb. denen im vorgenannten Nutzmode. Darüberhinaus können auch weitere, aus den vorgenannten primären Meßwerten Massendurchflußrate, Dichte und Viskosität abgeleitete Meßgrößen, wie etwa gemäß der

US-B 65 13 393 die Reynoldszahl zu ermittelt werden.

[0007] Bei Meßwandlern der in Rede stehenden Art ist es von besonderer Bedeutung, die Schwingungseigenschaften von einzelnen Meßwandler-Komponenten, nicht zuletzt auch des wenigstens einen Meßrohrs, mithin die nämliche Schwingungseigenschaften charakterisierenden bzw. beeinflussenden Parameter, wie etwa Rohrformen bzw. -querschnitte, Rohrwandstärken und damit einhergehend Masseverteilungen, Biegesteifigkeiten, Eigenfrequenzen etc., jedes einzelnen Meßwandler-Exemplars möglichst exakt auf ein dafür jeweils nominelles, nämlich für definierte Referenzbedingungen vorgegebenes, Ziel-Maß zu trimmen bzw. die Streuung nämlicher Parameter innerhalb einer Population produzierter Meßwandler derselben Art in einem dafür vorgegebenen, möglichst engen Toleranzbereich zu halten. Gleichmaßen wichtig ist bei Meßwandlern der in Rede stehenden Art allfällige Imbalancen der jeweiligen Rohranordnung, hervorgerufen etwa durch ungleichförmige, mithin nicht symmetrische Massen- und/oder Steifigkeitsverteilungen innerhalb der Rohranordnung, zu vermeiden.

[0008] Hierbei ist es u. a. auch von besonderem Interesse, zu einer möglichst "späten" Produktionsphase die Eigenfrequenzen der jeweiligen Rohranordnung des Meßwandlers auf das angestrebte Ziel-Maß, hier also eine oder mehrere ausgewählte Ziel-Eigenfrequenzen, einzustellen, bzw. allfällige Imbalancen entsprechend zu kompensieren, um allfällige neuerliche Verstimmungen der Rohranordnung in einer nachfolgenden Produktionsphase des Meßwandlers verlässlich vermeiden zu können.

[0009] In der eingangs erwähnten US-A 56 10 342 ist beispielsweise ein Verfahren zum dynamischen Abgleichen eines als Meßrohr eines Meßwandlers vom Vibrationstyp dienenden Rohrs auf eine Ziel-Steifigkeit gezeigt, bei welchem Verfahren das Rohr an seinen beiden Rohrenden in jeweils eine Bohrung eines ersten bzw. zweiten Endstücks eines Trägerrohrs durch gezieltes plastisches Verformen der Rohrwände im Bereich der Rohrenden eingepreßt und dabei zugleich auch die gesamte Rohranordnung auf eine Ziel-Eigenfrequenz adjustiert wird. Ferner ist in der eingangs erwähnten US-B 76 10 795 ein Verfahren zum Abgleichen eines als Meßrohr eines Meßwandlers vom Vibrationstyp dienenden Rohrs auf eine Ziel-Eigenfrequenz, mithin auf eine von der Rohrgeometrie und -querschnitt mitbestimmte Ziel-Biegesteifigkeit, mittels eines darin eingeleiteten und mit einem plastische Verformungen zumindest eines Teils von dessen Rohrwand herbeiführenden (Über-)Druck beaufschlagten Fluids beschrieben.

[0010] Ein Nachteil bei den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren besteht u. a. darin, daß sie

sehr aufwendig sind. Darüberhinaus ist ein weiterer Nachteil der vorgenannten Verfahren darin zusehen, daß prinzipbedingt damit schlußendlich eine gewisse Änderung der Geometrie der Rohre, nämlich eine Abweichung von der idealen Kreisform des Querschnitts bzw. eine erhöhte Abweichung von der perfekten Homogenität des Querschnitts in Längsrichtung, mithin eine Abweichung der Kontur des Lumens des Rohrs von der Idealform herbeigeführt wird.

[0011] Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, einen Meßwandler vom Vibrationstyp anzugeben, bei dem Imbalance der vorgenannten Art vorab weitgehend vermieden bzw. ggf. auch zu einer späten Produktionsphase einfach auskompensiert werden können. Ferner besteht eine Aufgabe der Erfindung auch darin, ein Verfahren anzugeben, daß einen präzisen gleichwohl einfachen Abgleich einer mittels wenigstens zweier Rohre – schlußendlich als Innenteil von Meßwandlern der eingangs genannten Art dienenden – Rohranordnung auf eine Ziel-Eigenfrequenz auch in einer Phase des Herstellungsprozesses für einen solche Rohranordnung, mithin auch von Meßwandlern vom Vibrationstyp ermöglicht, in der bereits die jeweilige Rohranordnung hergestellt, ggf. auch bereits mit Schwingungserreger- und/oder Schwingungssensor-Komponenten bestückt ist. Dies möglichst auch unter Vermeidung einer nachträglichen dauerhaften Deformation auch nur eines der Rohre der Rohranordnung.

[0012] Zur Lösung der Aufgabe besteht die Erfindung in einem dem Erzeugen von mit Parameter eines strömenden Mediums, beispielsweise einer Massendurchflußrate, einer Dichte und/oder einer Viskosität, korrespondierenden Vibrationssignalen dienenden Meßwandler vom Vibrationstyp, welcher Meßwandler ein Meßwandlergehäuse mit einem ersten Gehäuseende und mit einem zweiten Gehäuseende, eine sich innerhalb des Meßwandlergehäuses von dessen ersten Gehäuseende bis zu dessen zweiten Gehäuseende erstreckende, mittels wenigstens zweier, beispielsweise auch baugleicher und/oder zueinander parallel verlaufender, Rohre gebildete Rohranordnung, umfaßt. Von den Rohren ist zumindest ein, beispielsweise im Betrieb vibrierendes, erstes Rohr als ein dem Führen von strömendem Medium dienendes Meßrohr ausgebildet, und ist ein, beispielsweise im Betrieb vibrierendes, zweites Rohr unter Bildung einer einlaßseitigen ersten Kopplungszone mittels eines, beispielsweise plattenförmigen, ersten Kopplerelements und unter Bildung einer auslaßseitigen zweiten Kopplungszone mittels eines, beispielsweise plattenförmigen, zweiten Kopplerelements mit dem ersten Rohr mechanisch verbunden. Das erste Kopplerelement ist gleichweit vom ersten Gehäuseende des Meßwandlergehäuses entfernt angeordnet, wie das zweite Kopplerelement vom zweiten Gehäuseende des Meßwandlergehäuses. Darüberhinaus weist das erste Kopplerelement

eine Biegesteifigkeit um eine einen Massenschwerpunkt des ersten Kopplerelements und einen Massenschwerpunkt des zweiten Kopplerelements imaginär verbindende, beispielsweise auch das erste Kopplerelement mit einem gleichen Schnittwinkel wie das zweite Kopplerelement imaginär schneidende, gedachte Längsachse der Rohranordnung auf, die von einer Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements um nämliche gedachte Längsachse der Rohranordnung, insb. um mehr als 0,1% nämlicher Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements, abweicht.

[0013] Ferner besteht die Erfindung in einem mittels eines solchen Meßwandlers gebildetem Meßsystem für ein einer Rohrleitung strömendes Medium, beispielsweise einer wäßrigen Flüssigkeit, einem Schlamm, einer Paste oder einem anderen fließfähigem Material, welches, beispielsweise als Kompakt-Meßgerät und/oder als Coriolis-Massendurchfluß-Meßgerät ausgebildete, Meßsystem eine mit dem – im Betrieb vom Medium durchströmten – Meßwandler elektrisch gekoppelte Umformer-Elektronik zum Ansteuern des Meßwandlers und zum Auswerten von vom Meßwandler gelieferten Vibrationssignalen umfaßt,

[0014] Darüberhinaus besteht die Erfindung auch in einem Verfahren zum Herstellen eines Meßwandlers vom Vibrationstyp, welcher Meßwandler ein Meßwandlergehäuse mit einem ersten Gehäuseende und mit einem zweiten Gehäuseende sowie eine sich innerhalb des Meßwandlergehäuses von dessen erstem Gehäuseende bis zu dessen zweitem Gehäuseende erstreckende, mittels wenigstens zweier Rohre gebildete Rohranordnung aufweist, von welchen wenigstens zwei Rohren zumindest ein, beispielsweise im Betrieb vibrierendes, erstes Rohr als ein dem Führen von strömendem Medium dienendes Meßrohr ausgebildet ist, und ein, beispielsweise im Betrieb vibrierendes, zweites Rohr unter Bildung einer einlaßseitigen ersten Kopplungszone mittels eines, beispielsweise plattenförmigen, ersten Kopplerelements und unter Bildung einer auslaßseitigen zweiten Kopplungszone mittels eines, beispielsweise plattenförmigen, zweiten Kopplerelements mit dem ersten Rohr mechanisch verbunden ist. Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt im besonderen einen Schritt des Verbindens des ersten Kopplerelements mit dem ersten Rohr und dem zweiten Rohr sowie des zweiten Kopplerelements mit dem ersten Rohr und dem zweiten Rohr. Zudem umfaßt das erfindungsgemäße Verfahren auch einen, ggf. auch mehrfach angewendeten, Schritt des Abtragens von Teilvolumen wenigstens eines der Kopplerelemente – beispielsweise auch aus einem sich zwischen dem ersten und zweiten Rohr erstreckenden Bereich nämlichen Kopplerelements – nachdem dieses mit dem ersten und zweiten Rohr verbunden ist. Dies beispielsweise auch derart, daß das erste Kopplerelement eine Biegesteifigkeit um eine gedachte, das erste Kopplerelemente mit einem gleichen Winkel wie das zweite Kopplerelement imaginär schneidende, Längsachse der Rohranordnung aufweist, die von einer Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements um nämliche gedachte Längsachse der Rohranordnung um mehr als 0,1% nämlicher Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements abweicht.

[0015] Nach einer ersten Ausgestaltung des Meßwandlers der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß die gedachte Längsachse der Rohranordnung das erste Kopplerelement unter einem gleichen kleinsten Schnittwinkel imaginär schneidet wie das zweite Kopplerelement Nach einer zweiten Ausgestaltung des Meßwandlers der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das erste Rohr parallel zum zweiten Rohr verläuft.

[0016] Nach einer dritten Ausgestaltung des Meßwandlers der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das erste Rohr und das zweite Rohr hinsichtlich Form und Material baugleich sind.

[0017] Nach einer vierten Ausgestaltung des Meßwandlers der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß jedes der Rohre jeweils, insb. U-förmig oder V-förmig, gekrümmt ist. Alternativ dazu kann aber auch jedes der Rohre jeweils gerade sein.

[0018] Nach einer fünften Ausgestaltung des Meßwandlers der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß eine erste gedachte Verbindungsachse, die ein erstes Rohrende des ersten Rohrs und ein zweites Rohrende des ersten Rohrs imaginär miteinander verbindet, sowohl parallel zu einer zweiten gedachte Verbindungsachse, die ein erstes Rohrende des zweiten Rohrs und ein zweites Rohrende des zweiten Rohrs imaginär miteinander verbindet, als auch senkrecht zu einer gedachten Mittelebene der Rohranordnung ist. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist ferner vorgesehen, daß die den Massenschwerpunkt des ersten Kopplerelements und den Massenschwerpunkt des zweiten Kopplerelements imaginär verbindende gedachte Längsachse der Rohranordnung nicht senkrecht zu nämlicher gedachten Mittelebene der Rohranordnung ist, insb. nämliche gedachte Mittelebene der Rohranordnung unter einem Winkel imaginär schneidet, der weniger als 89° beträgt, bzw. daß die den Massenschwerpunkt des ersten Kopplerelements und den Massenschwerpunkt des zweiten Kopplerelements imaginär verbindende gedachte Längsachse der Rohranordnung nämliche gedachte Mittelebene der Rohranordnung unter einem Winkel imaginär schneidet, der kleiner als 90° ist, insb. weniger als 89° beträgt.

[0019] Nach einer sechsten Ausgestaltung des Meßwandlers der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß auch das zweite Rohr als ein dem Führen von strömendem Medium dienendes Meßrohr ausgebildet ist.

[0020] Nach einer ersten Weiterbildung des Meßwandlers der Erfindung umfaßt dieser weiters eine mit der Rohranordnung mechanisch gekoppelte, insb. am ersten und zweiten Rohr angebrachte, elektromechanische Erregeranordnung zum Bewirken von Vibrationen, insb. gegengleichen Biegeschwingungen, der wenigstens zwei Rohre, beispielsweise auch derart, daß das erste Rohr zumindest anteilig Biegeschwingungen um eine erste gedachte Biegeschwingsachse der Rohranordnung und das zweite Rohr zumindest anteilig Biegeschwingungen um eine zur ersten gedachten Biegeschwingsachse parallele zweite gedachte Biegeschwingsachse der Rohranordnung ausführen.

[0021] Nach einer zweiten Weiterbildung des Meßwandlers der Erfindung umfaßt dieser weiters Sensoranordnung zum Erfassen von Vibrationen, insb. Biegeschwingungen, wenigstens eines der Rohre und zum Erzeugen wenigstens eines nÄmliche Vibrationen reprÄsentierenden Vibrationssignals.

[0022] Nach einer dritten Weiterbildung des Meßwandlers der Erfindung umfaßt dieser weiters einen einlaßseitigen ersten Strömungsteiler mit wenigstens zwei voneinander beabstandeten Strömungsöffnungen, sowie einen auslaßseitigen zweiten Strömungsteiler mit wenigstens zwei voneinander beabstandeten Strömungsöffnungen. Ferner sind hierbei die wenigstens zwei Rohre unter Bildung einer Rohranordnung mit zumindest zwei strömungstechnisch parallel geschalteten Strömungspfaden an die, beispielsweise auch baugleichen, Strömungsteiler angeschlossen sind, nÄmlich derart, daß das erste Rohr mit einem einlaßseitigen ersten Rohrende in eine erste Strömungsöffnung des ersten Strömungsteilers und mit einem auslaßseitigen zweiten Rohrende in eine erste Strömungsöffnung des zweiten Strömungsteilers und daß das zweite Rohr mit einem einlaßseitigen ersten Rohrende in eine zweite Strömungsöffnung des ersten Strömungsteilers und mit einem auslaßseitigen zweiten Rohrende in eine zweite Strömungsöffnung des zweiten Strömungsteilers münden. Hierbei können beispielsweise auch das erste Gehäuseende des MeßwandlergehÄuses mittels eines ersten Strömungsteilers und das zweite Gehäuseende des MeßwandlergehÄuses mittels eines zweiten Strömungsteilers gebildet sein.

[0023] Nach einer ersten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist – in Anbetracht der Tatsache, daß der Rohranordnung, nachdem die Kopplerelemente mit dem ersten und zweiten Rohr verbunden sind, eine von den Kopplerelementen, nicht zuletzt auch von einer jeweiligen Biegesteifigkeit jedes der Kopplerelemente um eine gedachte, das erste Kopplerelemente mit einem gleichen Schnittwinkel wie das zweite Kopplerelement imaginÄr schneidende, LÄngsachse der Rohranordnung, mitbestimmte Interim-Eigenfrequenz innewohnt – ferner vorgese-

hen, daß das Abtragen von Teilvolumen wenigstens eines der Kopplerelemente so lange durchgeföhrt und/oder so oft wiederholt wird, bis die Interim-Eigenfrequenz auf eine für die Rohranordnung vorgegebene Ziel-Eigenfrequenz, die niedriger als die Interim-Eigenfrequenz ist, abgeglichen ist.

[0024] Nach einer zweiten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung wird zum Abtragen eines Teilvolumens des wenigstens einen der Kopplerelemente, beispielsweise mittels eines Gaslasers, mittels eines Festkörperlasers oder auch mittels eines Faserlasers appliziertes, Laserlicht verwendet.

[0025] Nach einer dritten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das Abtragen eines Teilvolumens des wenigstens einen der Kopplerelemente einen Schritt des Einschneidens wenigstens eines Schlitzes in nÄmliches Kopplerelement umfaßt.

[0026] Nach einer vierten Ausgestaltung des Verfahrens der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das Abtragen eines Teilvolumens des wenigstens einen der Kopplerelemente einen Schritt des Einschleifens wenigstens einer Kerbe in nÄmliches Kopplerelement umfaßt.

[0027] Nach einer ersten Weiterbildung des Verfahrens der Erfindung umfaßt dieses weiters einen Schritt des Detektierens, ob die Rohranordnung auf die Ziel-Eigenfrequenz getrimmt ist, insb. basierend auf wenigstens einer bei vibrierengelassenem Rohr gemessenen mechanischen Eigenfrequenz der Rohranordnung.

[0028] Nach einer zweiten Weiterbildung des Verfahrens der Erfindung umfaßt dieses weiters einen Schritt des Ermittlens, inwieweit die Interim-Eigenfrequenz der Rohranordnung von der Ziel-Eigenfrequenz abweicht, insb. basierend auf wenigstens einer bei vibrierengelassenem Rohr gemessenen mechanischen Eigenfrequenz der Rohranordnung.

[0029] Nach einer dritten Weiterbildung des Verfahrens der Erfindung umfaßt dieses weiters einen Schritt des Vibrierenlassens wenigstens eines der Rohre zum Ermitteln der Interim-Eigenfrequenz.

[0030] Ein Grundgedanke der Erfindung besteht darin, eine oder mehrere Eigenfrequenzen eines, insb. als Komponente eines Meßwandlers vom Vibrationstyp dienenden, Rohranordnung dadurch sehr einfach, gleichwohl sehr effektiv jeweils auf ein entsprechendes, nÄmlich gewünschtes Ziel-Maß dafür, mithin eine jeweilige Ziel-Eigenfrequenz, zu trimmen, indem von wenigstens einem Rohre der Rohranordnung verbindenden Kopplerelement dessen anfÄngliches Volumen um einen gewissen Betrag wieder reduziert wird, nachdem das Kopplerelement an den je-

weiligen Rohren angebracht worden ist, so daß im Ergebnis der damit einhergehenden Schwächung des Kopplerelements eine von diesem mitbestimmte (Gesamt-)Biegesteifigkeit der Rohranordnung bzw. eine entsprechende Federkonstante, mithin die davon mitbestimmten Eigenfrequenzen der Rohranordnung wieder um einen entsprechenden Betrag reduziert werden. Dadurch können Eigenfrequenzen der so gebildeten Rohranordnung auch in einer vergleichsweise "späten" Produktionsphase sehr präzise auf das gewünschte Ziel-Maß gebracht, in der dann ein neuerliches undefiniertes Verstimmen der Rohranordnung, mithin des Meßwandlers nicht mehr zu besorgen ist. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist darin zu sehen, daß es grundsätzlich auch auf herkömmliche Meßwandler vom Vibrationstyp übertragbar ist, mithin auch in einer konventionellen Rohranordnung Anwendung finden kann.

[0031] Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Zweckmäßigkeiten davon werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen; wenn es die Übersichtlichkeit erfordert oder es anderweitig sinnvoll erscheint, wird auf bereits erwähnte Bezugszeichen in nachfolgenden Figuren verzichtet. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen oder Weiterbildungen, insb. auch Kombinationen zunächst nur einzeln erläuterter Teilaspekte der Erfindung, ergeben sich ferner aus den Figuren der Zeichnung wie auch den Unteransprüchen an sich.

[0032] Im einzelnen zeigen:

[0033] [Fig. 1](#), [Fig. 2a](#), [Fig. 2b](#) ein als Kompakt-Meßgerät ausgebildetes Meßsystem für in Rohrleitungen strömende Medien in verschiedenen Seitenansichten;

[0034] [Fig. 3](#) schematisch nach Art eines Blockschaltbildes eine, insb. auch für ein Meßsystem gemäß den [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) geeignete, Umformer-Elektronik mit daran angeschlossenem Meßwandler vom Vibrations-Typ;

[0035] [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) in, teilweise geschnittenen bzw. perspektivischen, Ansichten einen, insb. auch für ein Meßsystem gemäß den [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) geeigneten, Meßwandler vom Vibrations-Typ mit einer mittels zweier Rohre gebildeten Rohranordnung; und

[0036] [Fig. 6](#) einen Ausschnitt einer, insb. auch für einen Meßwandler gemäß den [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) geeigneten, Rohranordnung mit einem an zwei Rohren fixierten Kopplerelement.

[0037] In den [Fig. 1](#), [Fig. 2a](#), [Fig. 2b](#) ist schematisch ein Ausführungsbeispiel für ein in eine –

hier nicht dargestellte – Prozeßleitung, etwa eine Rohrleitung einer industriellen Anlage, einfügbares, beispielsweise als Coriolis-Massendurchflußmeßgerät, Dichtemeßgerät, Viskositätsmeßgerät oder dergleichen ausgebildetes, Meßsystem für fließfähige, insb. fluide, Medien, dargestellt, das im besonderen dem Messen und/oder Überwachen wenigstens eines physikalischen Parameters des Mediums, wie etwa einer Massendurchflußrate, einer Dichte, einer Viskosität oder dergleichen. Das – hier als In-Line-Meßgerät in Kompaktbauweise realisierte – Meßsystem umfaßt dafür einen über ein Einlaßende **100+** sowie ein Auslaßende **100#** an die Prozeßleitung angeschlossenen, dem Erfassen des wenigstens einen Parameters und dessen Konvertierung dafür repräsentative Meßsignale dienenden Meßwandler MW, welcher Meßwandler im Betrieb entsprechend vom zu messenden Medium, wie etwa einer niedrigviskosen Flüssigkeit und/oder einer hochviskosen Paste, durchströmt und an eine mit dem Meßwandler elektrisch gekoppelte, dem Ansteuern des Meßwandlers und zum Auswerten von vom Meßwandler gelieferten Meßsignalen dienende Umformer-Elektronik ME des Meßsystems angeschlossen ist.

[0038] Die, insb. im Betrieb von extern via Anschlußkabel und/oder mittels interner Energiespeicher mit elektrischer Energie versorgte, Umformer-Elektronik weist, wie in [Fig. 3](#) schematisch nach Art eines Blockschaltbildes dargestellt, eine dem Ansteuern des, beispielsweise als Meßwandler vom Vibrationstyp ausgebildeten, Meßwandlers dienende Treiber-Schaltung Exc sowie eine Meßsignale des Meßwandlers MW verarbeitende, beispielsweise mittels eines Mikrocomputers gebildete und/oder im Betrieb mit der Treiber-Schaltung Exc kommunizierende, Meß- und Auswerte-Schaltung μC des Meßsystems elektrisch angeschlossen ist, die im Betrieb die wenigstens eine Meßgröße, wie z. B. den momentanen oder einen totalisierten Massendurchfluß, repräsentierende Meßwerte liefert. Die Treiber-Schaltung Exc und die Auswerte-Schaltung μC sowie weitere, dem Betrieb des Meßsystems dienende Elektronik-Komponenten der Umformer-Elektronik, wie etwa interne Energieversorgungsschaltungen NRG zum Bereitstellen interner Versorgungsspannungen U_N und/oder dem Anschluß an ein übergeordnetes Meßdatenverarbeitungssystem und/oder einem Feldbus dienenden Kommunikationsschaltungen COM, sind ferner in einem entsprechenden, insb. schlag- und/oder auch explosionsfest und/oder hermetisch dicht ausgebildeten, Elektronikgehäuse **200** untergebracht. Das Elektronikgehäuse **200** des In-line-Meßgeräts kann unter Bildung eines Meßgeräts in Kompaktbauweise beispielsweise direkt am Meßwandlergehäuse **100** gehalten sein. Zum Visualisieren von Meßsystem intern erzeugten Meßwerten und/oder gegebenenfalls Meßsystem intern generierten Statusmeldungen, wie etwa eine Fehlermeldung oder einen Alarm, vor Ort kann das Meßsystem des-

weiteren ein zumindest zeitweise mit der Umformer-Elektronik kommunizierendes Anzeige- und Bedienelement HMI aufweisen, wie etwa ein im Elektronikgehäuse hinter einem darin entsprechend vorgesehenen Fenster plaziertes LCD-, OLED- oder TFT-Display sowie eine entsprechende Eingabetastatur und/oder ein Bildschirm mit Berührungseingabe, wie sie u. a. auch in sogenannten Smartphones Verwendung finden. In vorteilhafter Weise kann die, insb. programmierbare und/oder fernparametrierbare, Umformer-Elektronik ME ferner so ausgelegt sein, daß sie im Betrieb des In-Eine-Meßgeräts mit einem diesem übergeordneten elektronischen Datenverarbeitungssystem, beispielsweise einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), einem Personalcomputer und/oder einer Workstation, via Datenübertragungssystem, beispielsweise einem Feldbussystem und/oder drahtlos per Funk, Meß- und/oder andere Betriebsdaten austauschen kann, wie etwa aktuelle Meßwerte oder der Steuerung des In-line-Meßgeräts dienende Einstell- und/oder Diagnosewerte. Dabei kann die Umformer-Elektronik ME beispielsweise eine solche interne Energieversorgungsschaltung NRG aufweisen, die im Betrieb von einer im Datenverarbeitungssystem vorgesehenen externen Energieversorgung über das vorgenannte Feldbussystem gespeist wird. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Umformer-Elektronik ferner so ausgebildet, daß sie mittels einer, beispielsweise als 4–20 mA-Stromschleife konfigurierten, Zweidraht-Verbindung **2L** mit dem externen elektronischen Datenverarbeitungssystem elektrisch verbindbar ist und darüber mit elektrischer Energie versorgt werden sowie Meßwerte zum Datenverarbeitungssystem übertragen kann. Für den Fall, daß das Meßsystem für eine Ankopplung an ein Feldbus- oder ein anderes Kommunikationssystem vorgesehen ist, kann die Umformer-Elektronik ME eine entsprechende Kommunikations-Schnittstelle COM für eine Datenkommunikation gemäß einem der einschlägigen Industriestandards aufweisen. Das elektrische Anschließen des Meßwandlers an die erwähnte Umformer-Elektronik kann mittels entsprechender Anschlußleitungen erfolgen, die aus dem Elektronik-Gehäuse **200**, beispielsweise via Kabeldurchführung, heraus geführt und zumindest abschnittsweise innerhalb des Meßwandlergehäuses verlegt sind. Die Anschlußleitungen können dabei zumindest anteilig als elektrische, zumindest abschnittsweise in von einer elektrischen Isolierung umhüllte Leitungsdrähte ausgebildet sein, z. B. in Form von "Twistedpair"-Leitungen, 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, vgl. hierzu auch die eingangs erwähnten US-B 6711 958 oder US-A 53 49 872.

[0039] In den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) ist ferner ein Ausführungsbeispiel für einen für die Realisierung des Meß-

systems geeigneten Meßwandler MW schematisch dargestellt. Der hier gezeigte Meßwandler MW ist als Meßwandler vom Vibrationstyp ausgebildet und dient generell dazu, in einem hindurchströmenden Medium, etwa einem Gas und/oder einer Flüssigkeit, mechanische Reaktionskräfte, z. B. massedurchflußabhängige Coriolis-Kräfte, dichteabhängige Trägheitskräfte und/oder viskositätsabhängige Reibungskräfte, zu erzeugen, die sensorisch erfaßbar und insoweit auch meßbar auf den Meßwandler zurückwirken. Abgeleitet von diesen Reaktionskräften können so z. B. die Parameter Massedurchflußrate m , Dichte ρ und Viskosität η des Mediums gemessen werden.

[0040] Zum Erfassen des wenigstens einen Parameters umfaßt der Meßwandler ein in einem Meßwandler-Gehäuse **100** angeordnetes und im Betrieb von der Umformer-Elektronik ME angesteuertes Innenteil, das die physikalisch-elektrische Konvertierung des wenigstens einen zu messenden Parameters bewirkt.

[0041] Zum Führen des strömenden Mediums weist das hier gezeigte Innenteil und insoweit der hier gezeigte Meßwandler gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ferner einen dem Aufteilen von einströmendem Medium in zwei Teilströmungen dienenden einlaßseitigen ersten Strömungsteiler **21** mit wenigstens zwei voneinander beabstandeten Strömungsöffnungen **21A**, **21B**, einen dem Wiederzusammenführen der Teilströmungen dienenden auslaßseitigen zweiten Strömungsteiler **22** mit wenigstens zwei voneinander beabstandeten Strömungsöffnungen **22A**, **22B** sowie wenigstens zwei unter Bildung einer Rohranordnung mit zumindest zwei strömungstechnisch parallel geschalteten Strömungspfaden an die, insb. baugleichen, Strömungsteiler **21**, **22** angeschlossene – schlußendlich als von Medium durchströmte Meßrohre dienende – Rohre **11**, **12** auf. Dabei münden ein erstes Rohr **11** mit einem einlaßseitigen ersten Rohrende in eine erste Strömungsöffnung **21A** des ersten Strömungsteilers **21** und mit einem auslaßseitigen zweiten Rohrende in eine erste Strömungsöffnung **22A** des zweiten Strömungsteilers **22** und ein zweites Rohr **12** mit einem einlaßseitigen ersten Rohrende in eine zweite Strömungsöffnung **21B** des ersten Strömungsteilers **21** und mit einem auslaßseitigen zweiten Rohrende in eine zweite Strömungsöffnung **22B** des zweiten Strömungsteilers **202**, so daß also beide – insoweit auch miteinander mechanische gekoppelten – (Meß-)Rohre bei dieser Ausgestaltung der Erfindung im ungestörten Betrieb des Meßsystems gleichzeitig und parallel von Medium durchströmt sind. Die beiden Rohre **11**, **12** können beispielsweise stoffschlüssig – etwa durch Schweißen oder Löten – oder auch kraftschlüssig – etwa durch Einwalzen gemäß der eingangs erwähnten US-A 56 10 342 – mit den Strömungsteilern verbunden sein. Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Strömungsteiler insoweit integraler Bestandteil des Meßwand-

lergehäuses, als mittels des ersten Strömungsteilers ein das Einlaßende **100+** des Meßwandlers definierendes einlaßseitige erstes Gehäuseende und mittels des zweiten Strömungsteilers ein das Auslaßende **100#** des Meßwandlers definierendes auslaßseitige zweite Gehäuseende gebildet sind. Für den typischen Fall, daß der Meßwandler MW lösbaren mit der, beispielsweise als metallische Rohrleitung ausgebildeten, Prozeßleitung zu montieren ist, sind einlaßseitig des Meßwandlers einer erster Anschlußflansch **13** für den Anschluß an ein Medium dem Meßwandler zuführendes Leitungssegment der Prozeßleitung und auslaßseitig ein zweiter Anschlußflansch **14** für ein Medium vom Meßwandler abführendes Leitungssegment der Prozeßleitung vorgesehen. Die Anschlußflansche **13**, **14** können dabei, wie bei Meßwandlern der beschriebenen Art durchaus üblich auch an das jeweilige Gehäuseende angeschweißt und insoweit endseitig in das Meßwandlergehäuse **100** integriert sein.

[0042] Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist ferner jedes der zwei, sich jeweils zwischen seinem einlaßseitigen ersten Rohrende **11+** bzw. **12+** und seinem auslaßseitigen zweiten Rohrende **11#** bzw. **12#** mit einer – im wesentlichen frei schwingenden – Nutz-Schwinglänge erstreckenden Rohre **11**, **12** zumindest abschnittsweise gekrümmt. Zum Erzeugen vorgenannter Reaktionskräfte wird jedes der zwei Rohre im Betrieb zumindest über seine Schwinglänge vibrieren gelassen – beispielsweise mit gleicher Schwingfrequenz wie das jeweils andere Rohr, jedoch dazu gegengleich – und dabei, um eine statische Ruhelage oszillierend, wiederholt elastisch verformt. Die jeweilige Schwinglänge entspricht hierbei einer Länge einer innerhalb von Lumen verlaufende gedachte Mittel- oder auch Schwerelinie (gedachte Verbindungslinie durch die Schwerpunkte aller Querschnittsflächen des jeweiligen Rohrs), im Falle gekrümmter Rohr also einer gestreckten Länge des jeweiligen Rohrs **11** bzw. **12**. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird jedes der Rohre im Betrieb so vibrieren gelassen, daß es um eine Schwingungsachse, insb. in einem Biegeschwingungsmodus, schwingt, die zu einer die beiden jeweiligen Rohrenden **11+**, **11#** bzw. **12+**, **12#** imaginär verbindenden gedachten Verbindungsachse V_{11} bzw. V_{12} jeweils parallel ist.

[0043] Die, beispielsweise im Betrieb im wesentlichen gegengleich zueinander oszillierenden, Rohre sind ferner unter Bildung einer ersten Kopplungszone einlaßseitig mittels eines, beispielsweise plattenförmigen, ersten Kopplerelements **25** und unter Bildung einer zweiten Kopplungszone auslaßseitig mittels eines, beispielsweise plattenförmigen, zweiten Kopplerelements **26** miteinander mechanisch verbunden. Somit definieren hier also die erste Kopplungszone jeweils ein – einlaßseitig an die Nutzschnwinglänge angrenzendes – einlaßseitiges erstes Rohrende **11+**,

12+ jedes der zwei Rohre **11**, **12** und die zweite Kopplungszone jeweils ein auslaßseitiges zweites Rohrende **11#**, **12#** des jeweiligen Rohrs **11** bzw. **12**. Wie aus der Zusammenschau der **Fig. 4** und **Fig. 5** ferner ersichtlich ist das Kopplerelement **25** gleichweit vom ersten Gehäuseende des Meßwandlergehäuses entfernt angeordnet, wie das zweite Kopplerelement **26** vom zweiten Gehäuseende des Meßwandlergehäuses. Jedes der Meßrohre ist im hier gezeigten Ausführungsbeispiel ferner so geformt und im Meßwandler angeordnete, daß vorgenannte Verbindungsachse im wesentlichen parallel zu einer Ein- und Auslaßende des Meßwandlers imaginär verbindenden gedachten Längsachse L des Meßwandlers verläuft. Jedes der, beispielsweise aus Edelstahl, Titan, Tantal bzw. Zirkonium oder einer Legierung davon hergestellten, Meßrohre des Meßwandlers und insoweit auch eine innerhalb von Lumen verlaufende gedachte Mittellinie des jeweiligen Meßrohrs kann z. B. im wesentlichen U-förmig oder, wie auch in der **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt, im wesentlichen V-förmig ausgebildet sein.

[0044] Wie aus der Zusammenschau der **Fig. 4** und **Fig. 5** ohne weiteres ersichtlich, ist jedes der wenigstens zwei Rohre **11**, **12** hier zudem jeweils so geformt und angeordnet, daß vorgenannte Mittellinie, wie bei Meßwandlern der in Rede stehenden Art durchaus üblich, jeweils in einer gedachten Rohrebene liegt und daß die vorgenannten zwei Verbindungsachse V_{11} , V_{12} zueinander parallel, mithin senkrecht zu einer gedachten Mittelebene Q der Rohranordnung, verlaufen, beispielsweise auch so, daß die beiden gedachten Rohrebene zueinander parallel sind.

[0045] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Rohre **11**, **12** und die beiden Kopplerelemente **25**, **26** ferner so geformt und relativ zueinander ausgerichtet, daß die beiden Kopplerelemente **25**, **26** bezüglich nämlicher Mittelebene Q der Rohranordnung äquidistant sind, mithin also ein Massenschwerpunkt M_{25} des ersten Kopplerelements **25** gleichwertig entfernt von nämlicher Mittelebene lokalisiert ist, wie ein Massenschwerpunkt M_{26} des zweiten Kopplerelements **26**. Die frequenzjustierende Wirkung von Kopplerelementen der vorgenannten Art resultiert hierbei bekanntlich daraus, daß jedes der beiden Kopplerelemente jeweils eine Biegesteifigkeit auch um eine den Massenschwerpunkt M_{25} des ersten Kopplerelements **25** und den Massenschwerpunkt des zweiten Kopplerelements **26** imaginär verbindende, insb. das erste Kopplerelement mit einem gleichen Schnittwinkel wie das zweite Kopplerelement imaginär schneidende, gedachte Längsachse K der Rohranordnung aufweist, welche jeweilige Biegesteifigkeit jeweils einen Beitrag zu einer, nicht zuletzt auch von (Einzel-)Biegesteifigkeiten der Rohre abhängige, die Eigenfrequenzen der Rohranordnung mitbestimmende Gesamtsteifigkeit leistet.

[0046] Es sei an dieser Stelle ferner darauf hingewiesen, daß – obwohl der Meßwandler im in den **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispiel zwei gekrümmte Meßrohre aufweist und zumindest insoweit in seinem mechanischen Aufbau wie auch seinem Wirkprinzip dem in den US-B 69 20 798 oder US-A 5796 011 vorgeschlagenen bzw. auch den seitens der Anmelderin unter der Typbezeichnung "PROMASS E" oder "PROMASS F" käuflich angebotenen Meßwandlern ähnelt – die Erfindung selbstverständlich auch auf Meßwandler mit geraden und/oder mehr als zwei Meßrohren, beispielsweise also vier parallelen Meßrohren, Anwendung finden kann, etwa vergleichbar den in den eingangs erwähnten US-A 56 02 345 oder WO-A 96/08697 gezeigten oder beispielsweise auch den seitens der Anmelderin unter der Typbezeichnung "PROMASS M" käuflich angebotenen Meßwandlern. Im übrigen kann der Meßwandler aber auch mittels einer lediglich ein einziges im Betrieb Medium führenden Meßrohrs mit daran gekoppeltem Blind- oder auch Tilgerrohr aufweisenden Rohranordnung gebildet sein, vergleichbar also etwa den in der US-A 55 311 26 oder der US-B 66 66 098 gezeigten oder beispielsweise auch den seitens der Anmelderin unter der Typbezeichnung "PROMASS H" käuflich angebotenen Meßwandlern.

[0047] Zum aktiven Anregen mechanischer Schwingungen der wenigstens zwei, insb. auch zueinander parallelen und/oder hinsichtlich Form und Material baugleichen, Rohre, insb. auf einer oder mehreren von deren, von der Dichte des darin momentan jeweils geführten Mediums abhängigen natürlichen Eigenfrequenzen, ist Meßwandler ferner eine elektromechanische, insb. elektrodynamische, also mittels Tauchankerspulen gebildete, Erregeranordnung **40** vorgesehen. Diese dient – angesteuert von einem von der Treiber-Schaltung der Umformer-Elektronik gelieferten und, gegebenenfalls im Zusammenspiel mit der Meß- und Auswerte-Schaltung, entsprechend konditionierten Erregersignal, z. B. mit einem geregelten Strom und/oder einer geregelten Spannung – jeweils dazu, mittels der Treiber-Schaltung eingespeiste elektrische Erregerenergie bzw. – leistung E_{exc} in eine auf die wenigstens zwei Rohre, z. B. pulsformig oder harmonisch, einwirkende und diese in der vorbeschriebenen Weise auslenkende Erregerkraft F_{exc} umzuwandeln. Die Erregerkraft F_{exc} kann, wie bei derartigen Meßwandlern üblich, bidirektional oder unidirektional ausgebildet sein und in der dem Fachmann bekannten Weise z. B. mittels einer Strom- und/oder Spannungs-Regelschaltung, hinsichtlich ihrer Amplitude eingestellt und, z. B. mittels einer Phasen-Regelschleife (PLL), hinsichtlich ihrer Frequenz auf eine momentane mechanische Eigenfrequenz der Rohranordnung abgestimmt werden. Der Aufbau und die Verwendung solcher dem Abgleichen einer Erregerfrequenz, f_{exc} , des Erregersignals auf die momentane Eigenfrequenz des gewünschten Nutzmodus dienenden Phasenregel-Schleifen ist z. B. in der

US-A 48 01 897 ausführlich beschrieben. Selbstverständlich können auch andere für das Einstellen der Erregerenergie E_{exc} geeignete, dem Fachmann an und für sich bekannte Treiberschaltungen verwendet werden, beispielsweise auch gemäß den eingangs erwähnten US-A 48 79 911, US-A 50 09 109, US-A 50 50 439, oder US-B 63 11 136. Ferner sei hinsichtlich einer Verwendung solcher Treiberschaltungen für Meßwandler vom Vibrationstyp auf die mit Meßumformern der Serie "PROMASS 83" bereitgestellte Umformer-Elektroniken verwiesen, wie sie von der Anmelderin beispielsweise in Verbindung mit Meßwandlern der Serie "PROMASS E", "PROMASS F", "PROMASS M", oder auch "PROMASS H" angeboten werden. Deren Treiberschaltung ist beispielsweise jeweils so ausgeführt, daß die lateralen Biegeschwingungen im Nutzmode auf eine konstante, also auch von der Dichte, ρ , weitgehend unabhängige Amplitude geregelt werden.

[0048] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die wenigstens zwei Rohre **11**, **12** im Betrieb mittels der Erregeranordnung zumindest zeitweise in einem Nutzmode aktiv angeregt, in dem sie, insb. überwiegend oder ausschließlich, Biegeschwingungen um die erwähnte gedachte Schwingungsachse ausführen, beispielsweise überwiegend mit genau einer natürlichen Eigenfrequenz (Resonanzfrequenz) der Rohranordnung, wie etwa jener, die einem Biegeschwingsgrundmode entspricht, in dem jedes der Rohre innerhalb seiner jeweiligen Nutz-Schwinglänge genau einen Schwingungsbauch aufweist. Im besonderen ist hierbei ferner vorgesehen, daß jedes der Rohre, wie bei derartigen Meßwandlern mit gekrümmten Rohren durchaus üblich, mittels der Erregeranordnung zu Biegeschwingungen bei einer Erregerfrequenz f_{exc} so angeregt ist, daß es sich im Nutzmode, um die erwähnte gedachte Schwingungsachse – etwa nach Art eines einseitig eingespannten Auslegers – oszillierend, zumindest anteilig gemäß einer seiner natürlichen Biegeschwingsformen ausbiegt. Die mittels der Erregeranordnung aktiv angeregten Biegeschwingungen der Rohren weisen dabei jeweils im Bereich der das jeweilige einlaßseitige Rohrende definierenden einlaßseitigen Kopplungszone einen einlaßseitigen Schwingungsknoten und im Bereich der das jeweilige auslaßseitige Rohrende definierenden auslaßseitigen Kopplungszone einen auslaßseitigen Schwingungsknoten auf, so daß also sich das jeweilige Rohr mit seiner Schwinglänge zwischen diesen beiden Schwingungsknoten im wesentlichen frei schwingend erstreckt.

[0049] Wie bei Meßwandlern mit einer Rohranordnung der in Rede stehenden Art durchaus üblich, sind die Rohre mittels der, beispielsweise differentiell zwischen beiden Rohren wirkenden, Erregeranordnung dabei insb. so angeregt, daß sie im Betrieb zumindest zeitweise und zumindest anteilig gegengleiche

Biegeschwingungen um die Längsachse L ausführen. Anders gesagt, die beiden Rohre **11**, **12** bewegen sich dann jeweils nach der Art von gegeneinander schwingenden Stimmgabelzinken. Für diesen Fall ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung die Erregeranordnung dafür ausgelegt, gegengleiche Vibrationen des ersten Rohrs und des zweiten Rohrs, insb. Biegeschwingungen jedes der Rohre um eine das jeweilige erste Rohrende und das jeweilige zweite Rohrende imaginär verbindende gedachte Schwingungsachse, anzuregen bzw. aufrechtzuerhalten. Als Erregeranordnung **40** kann hierbei z. B. eine in konventioneller Weise mittels eines – beispielsweise einzigen – mittig, also im Bereich einer halben Schwinglänge, zwischen den wenigstens zwei Rohrplazierten und differentiell auf die Rohre wirkenden elektrodynamischen Schwingungserregers **41** gebildete Erregeranordnung **40** dienen. Der Schwingungserreger **41** kann, wie in der [Fig. 4](#) angedeutet, beispielsweise mittels einer am ersten Rohr befestigten zylindrischen Erregerspule, die im Betrieb von einem entsprechenden Erregerstrom durchflossen und damit einhergehend von einem entsprechenden Magnetfeld durchflutet ist, sowie einem in die Erregerspule zumindest teilweise eintauchenden dauermagnetischen Anker, der von außen, insb. mittig, am zweiten Rohr fixiert ist, gebildet sein. Weitere – durchaus auch für das erfindungsgemäße Meßsystem geeignete – Erregeranordnungen für Schwingungen der wenigstens zwei Rohrs sind z. B. in den eingangs erwähnten US-A 46 80 974, US-A 47 38 144, US-A 47 68 384, US-A 48 01 897, US-A 48 23 614, US-A 48 79 911, US-A 50 09 109, US-A 50 50 439, der US-A 53 59 881, US-A 56 02 345, US-A 57 34 112, US-A 57 96 011, US-A 59 26 096, US-A 59 69 264, US-B 71 27 952, US-A 60 92 429, US-A 63 111 36, US-B 68 83 387, US-B 73 25 461, US-B 73 92 709, oder US-B 74 21 350 gezeigt.

[0050] Zum Vibrierenlassen der wenigstens zwei Rohre des Meßwandlers wird die Erregeranordnung **40**, wie bereits erwähnt, mittels eines gleichfalls oszillierenden Erregersignals von einstellbarer Erregerfrequenz f_{exc} gespeist, so daß die Erregerspule des – hier einzigen am Rohr **10** angreifenden Schwingungserregers – im Betrieb von einem in seiner Amplitude entsprechend geregelten Erregerstrom i_{exc} durchflossen ist, wodurch ein zum Bewegen der Rohre erforderliches Magnetfeld erzeugt wird. Das Treiber- oder auch Erregersignal bzw. dessen Erregerstrom i_{exc} kann z. B. harmonisch, mehrfrequent oder auch rechteckförmig sein. Die Erregerfrequenz f_{exc} des zum Aufrechterhalten der aktiv angeregten Vibrationen der Rohre erforderlichen Erregerstrom kann beim im Ausführungsbeispiel gezeigten Meßwandler in vorteilhafter Weise so gewählt und eingestellt sein, daß die Rohre, wie bereits erwähnt, überwiegend in einem Biegeschwingungsgrundmode oszillieren.

[0051] Für den betriebsmäßig vorgesehenen Fall, daß das Medium in der Prozeßleitung strömt und somit der Massendurchfluß m in der Rohranordnung von Null verschieden ist, werden mittels der in oben beschriebener Weise vibrierenden Rohre im hindurchströmenden Medium auch Corioliskräfte induziert. Diese wiederum wirken auf das jeweils durchströmte Rohr zurück und bewirken so eine zusätzliche, sensorisch erfaßbare Verformung derselben, und zwar im wesentlichen gemäß einer weiteren natürlichen Eigenschwingungsform von höherer modaler Ordnung als der Nutzmode. Eine momentane Ausprägung dieses sogenannten, dem angeregten Nutzmode gleichfrequent überlagerten Coriolismodes ist dabei, insb. hinsichtlich ihrer Amplituden, auch vom momentanen Massedurchfluß m abhängig. Als Coriolismode kann, wie bei Meßwandlern mit gekrümmten Rohren üblich, z. B. die Eigenschwingungsform des anti-symmetrischen Twistmodes dienen, also jene, bei der das jeweils durchströmte Rohr, wie bereits erwähnt, auch Drehschwingungen um eine senkrecht zur Biegeschwingungsachse ausgerichteten gedachten Drehschwingungsachse ausführt, die die Mittellinie des jeweiligen Rohrs im Bereich der halben Schwingungslänge imaginär schneidet.

[0052] Zum Erfassen von Vibrationen der Rohre, insb. auch Schwingungen im Coriolismode, weist der Meßwandler ferner eine entsprechende Sensoranordnung **50** auf. Diese umfaßt, wie auch in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) schematische dargestellt, wenigstens einen, beispielsweise elektrodynamischen und/oder vom wenigstens einen Schwingungserreger beabstandet zwischen den wenigstens zwei Rohren **10** angeordneten, ersten Schwingungssensor **51**, der ein Vibrationen wenigstens eines der zwei Rohre, beispielsweise auch gegengleiche Vibrationen der wenigstens zwei Rohre, repräsentierendes erstes Vibrationsmeßsignal s_1 des Meßwandlers liefert, beispielsweise einer mit den Schwingungen korrespondierende Spannung oder einen mit den Schwingungen korrespondierenden Strom. Ferner ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß die Sensoranordnung zumindest einen, beispielsweise vom ersten Schwingungssensor **52** beabstandet zwischen den wenigstens zwei Rohren **10** angeordneten und/oder elektrodynamischen, zweiten Schwingungssensor **52** aufweist, der ein Vibrationen wenigstens eines der zwei Rohre, beispielsweise auch gegengleiche Vibrationen der wenigstens zwei Rohre, repräsentierendes zweites Vibrationsmeßsignal s_2 des Meßwandlers liefert. Die Schwingungssensoren der Sensoranordnung können in vorteilhafter Weise zudem so ausgebildet sein, daß sie Vibrationsmeßsignal gleichen Typs liefern, beispielsweise jeweils eine Signalspannung bzw. einen Signalstrom. Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel sind der erste Schwingungssensor **51** einlaßseitig und der zweite Schwingungssensor **52** auslaßseitig zwischen den wenigstens zwei Rohren **10** angeordnet, insb. vom

wenigstens einen Schwingungserreger bzw. von der Mitte des Rohrs **10** gleichweit beabstandet wie der erste Schwingungssensor bzw. derart, daß gegen- gleiche Vibrationen der beiden Rohre differentiell erfaßt sind. Die Schwingungssensoren der Sensoran- ordnung können beispielsweise aber auch so ausge- bildet und im Meßwandler angeordnet sein, daß sie, wie u. a. auch in der US-A 56 02 345 vorgeschlagen, die Schwingungen relativ zum Meßwandlergehäuse erfassen.

[0053] Jedes der – typischerweise breitbandigen – Vibrationssignale s_1, s_2 des Meßwandlers MW weist dabei jeweils eine mit dem Nutzmode korrespondierende Signalkomponente mit einer der momentanen Schwingfrequenz f_{exc} der im aktiv angeregten Nutz- mode schwingenden Rohre entsprechenden Signal- frequenz und einer vom aktuellen Massendurchfluß des in der Rohranordnung strömenden Medium ab- hängigen Phasenverschiebung relativ zu dem, bei- spielsweise mittels PLL-Schaltung in Abhängigkeit von einer zwischen wenigstens einem der Vibrations- signale s_1, s_2 und dem Erregerstrom in der Erreger- anordnung existierenden Phasendifferenz generier- ten, Erregersignal i_{exc} auf. Selbst im Falle der Ver- wendung eines eher breitbandigen Erregersignals im kann infolge der zumeist sehr hohen Schwingungs- güte des Meßwandlers MW davon ausgegangen wer- den, daß die mit dem Nutzmode korrespondierende Signalkomponente jedes der Vibrationssignale ande- re, insb. mit allfälligen externen Störungen korrespon- dierende und/oder als Rauschen einzustufende, Si- gnalkomponenten überwiegt und insoweit auch zu- mindest innerhalb eines einer Bandbreite des Nutz- modes entsprechenden Frequenzbereichs dominie- rend ist.

[0054] Die vom Meßwandler gelieferten Vibrations- meßsignale s_1, s_2 , die jeweils eine Signalkomponen- te mit einer momentanen Schwingfrequenz f_{exc} der im aktiv angeregten Nutzmode schwingenden wenigst- ens zwei Rohre entsprechende Signalfrequenz auf- weisen, sind, wie auch in [Fig. 3](#) gezeigt, der Umfor- mer-Elektronik ME und daselbst dann der darin vor- gesehene Meß- und Auswerteschaltung μC zuge- führt, wo sie mittels einer entsprechenden Eingang- schaltung FE zunächst vorverarbeitet, insb. vorver- stärkt, gefiltert und digitalisiert werden, um anschlie- ßend geeignet ausgewertet werden zu können. Als Eingangsschaltung FE wie auch als Meß- und Aus- werteschaltung μC können hierbei in herkömmlichen Coriolis-Massendurchfluß-Meßgeräten zwecks Kon- vertierung der Vibrationssignale verwendete bzw. Er- mittlung von Massendurchflußraten und/oder totali- sierten Massendurchflüssen etc. bereits eingesetzte und etablierte Schaltungstechnologien angewendet werden, beispielsweise auch solche gemäß den ein- gangs erwähnten Stand der Technik. Nach einer wei- teren Ausgestaltung der Erfindung ist die Meß- und Auswerteschaltung μC dementsprechend auch mit-

tels eines in der Umformer-Elektronik ME vorgesehe- nen, beispielsweise mittels eines digitalen Signalpro- zessors (DSP) realisierten, Mikrocomputers und mit- tels in diesen entsprechend implementierter und dar- in ablaufender Programm-Codes realisiert. Die Pro- gramm-Codes können z. B. in einem nicht-flüchtigen Datenspeicher EEPROM des Mikrocomputers per- sistent gespeichert sein und beim Starten desselben in einen, z. B. im Mikrocomputer integrierten, flüch- tigen Datenspeicher RAM geladen werden. Für der- artige Anwendungen geeignete Prozessoren sind z. B. solche vom Typ TMS320VC33, wie sie von der Firma Texas Instruments Inc. am Markt angeboten werden. Es versteht sich dabei praktisch von selbst, daß die Vibrationssignale s_1, s_2 wie bereits ange- deutet, für eine Verarbeitung im Mikrocomputer mit- tels entsprechender Analog-zu-digital-Wandler A/D der Umformer-Elektronik ME in entsprechende Digi- talsignale umzuwandeln sind, vgl. hierzu beispiels- weise die eingangs erwähnten US-B 63 11 136 oder US-A 60 73 495 oder auch vorgenannten Meßumfor- mer der Serie "PROMASS 83".

[0055] Die Umformer-Elektronik ME bzw. die darin enthaltene Meß- und Auswerteschaltung μC dient da- bei gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfin- dung dazu, unter Verwendung der von der Sensoran- ordnung **50** gelieferten Vibrationsmeßsignale s_1, s_2 , beispielsweise anhand einer zwischen den bei anteilig in Nutz- und Coriolismode schwingendem Rohr **10** generierten Vibrationssignalen s_1, s_2 des ersten und zweiten Schwingungssensors **51, 52** detektier- ten Phasendifferenz, wiederkehrend einen Massen- durchfluß-Meßwert X_m zu ermitteln, der eine Massen- durchflußrate des im Meßwandler strömenden Medi- ums repräsentiert. Dafür erzeugt die Umformer-Elek- tronik gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Er- findung im Betrieb wiederkehrend einen Phasendiffe- renz-Meßwert $X_{\Delta\phi}$, der die zwischen dem ersten Vi- brationssignal s_1 und dem zweiten Vibrationssignal s_2 existierenden Phasendifferenz $\Delta\phi$ momentan reprä- sentiert. Alternativ oder in Ergänzung zur Ermittlung des Massendurchfluß-Meßwert X_m kann die Umfor- mer-Elektronik ME des Meßsystems auch dazu die- nen, abgeleitet von einer anhand der Vibrationsmeß- signale oder des Erregersignals ermittelten momenta- nen Schwingungsfrequenz, insb. der des aktiv ange- regten Nutzmodes, einen Dichte-Meßwert zu erzeu- gen, der eine Dichte des im Meßwandler strömen- den Mediums repräsentiert. Ferner kann die Umfor- mer-Elektronik ME wie bei In-Line-Meßgeräten der in Rede stehenden Art durchaus üblich ggf. auch dazu verwendet werden, einen eine Viskosität des im Meßwandler strömenden Mediums repräsentie- renden Viskositäts-Meßwert X_η zu ermitteln, vgl. hier- zu auch die eingangs erwähnten US-B 72 84 449, US-B 70 17 424, US-B 69 10 366, US-B 68 40 109, der US-A 55 76 500 oder US-B 66 51 513. Zur Ermitt- lung der zum Bestimmen der Viskosität erforderlichen Erregerenergie oder Erregerleistung bzw. Dämpfung

eignet sich dabei beispielsweise das von Treiberschaltung der Umformer-Elektronik gelieferte Erregersignal, insb. eine Amplitude und Frequenz von dessen den Nutzmode treibender Stromanteil oder auch eine Amplitude des gesamten, ggf. auch auf eine anhand wenigstens eines der Vibrationssignale ermittelte Schwingungsamplitude normierten Erregerstroms. Alternativ oder in Ergänzung dazu kann aber auch ein dem Einstellen des Treibersignals bzw. des Erregerstroms dienendes internes Steuersignal oder, beispielsweise im Falle einer Anregung der Vibrationen des wenigstens einen Rohrs mit einem Erregerstrom von fest vorgegebener bzw. auf konstant geregelter Amplitude, auch wenigstens eines der Vibrationssignale, insb. eine Amplitude davon, als ein Maß der für die Ermittlung des Viskositäts-Meßwerts erforderlichen Erregerenergie oder Erregerleistung bzw. Dämpfung dienen.

[0056] Wie bereits erwähnt besteht bei Rohranordnungen der in Rede stehenden Art, mithin auch damit gebildeten Meßwandlern vom Vibrationstyp, ein besonders Erfordernis darin, eine oder mehrere von deren Eigenfrequenzen – nicht zuletzt auch die Eigenfrequenz des erwähnten Nutzmodes – jeweils möglichst genau auf eine für den jeweiligen Eigenmode unter definierten Referenzbedingungen vorgegebene Ziel-Eigenfrequenz zu trimmen. Als Referenz können hierbei beispielsweise eine atmosphärisch offene, mithin lediglich Luft führende, Rohranordnung bei Raumtemperatur, beispielsweise also etwa 20°C, mithin die für eine solche Rohranordnung vorab jeweils entsprechend ermittelten Ziel-Eigenfrequenzen dienen. Darüberhinaus ist auch von erheblichen Interesse, in Rohranordnungen der in Rede stehenden Art, solche Asymmetrien von Massen- und/oder Steifigkeitsverteilungen innerhalb der Rohranordnung zu vermeiden bzw. zu kompensieren, die zur unerwünschten Ausbildung asymmetrischer Schwingungsmoden, etwa nach Art des Coriolismodes, auch bei nicht von Medium durchströmter Rohranordnung führen bzw. dies begünstigen. Das erfindungsgemäße Verfahren zielt nunmehr darauf ab, die Präzision, mit der ein solcher Abgleich einer mittels eines oder mehreren Rohren, mithin mittels einem oder mehreren Meßrohren (bzw. auch ggf. vorgesehene Blind- oder Tilgerrohre) gebildeten Rohranordnung hinsichtlich wenigstens einer Ziel-Eigenfrequenz durchgeführt wird, zu erhöhen und nämlichen Abgleich möglichst einfach zu gestalten.

[0057] Dafür ist beim erfindungsgemäßen Meßwandler zunächst vorgesehen, daß die beiden Kopplerelemente **25**, **26** so ausgebildet, mithin auch so angeordnet und ausgerichtet sind, daß die Biegesteifigkeit des ersten Kopplerelements **25** um die oben erwähnte, die Massenschwerpunkte M_{25} , M_{26} beider Kopplerelemente **25** bzw. **26** imaginär miteinander verbindende gedachte Längsachse K der Rohranordnung von der Biegesteifigkeit des zweiten Koppler-

elements **26** um nämliche gedachte Längsachse K der Rohranordnung abweicht. Im besonderen ist hierbei vorgesehen, die Abhängigkeit der wenigstens einen Ziel-Eigenfrequenz von nämlichen Biegesteifigkeiten beider Koppler **25**, **26** bzw. von der Abweichung beider Biegesteifigkeiten voneinander dadurch zu erhöhen, daß die Biegesteifigkeit des ersten Kopplerelements **25** um mehr als 0,1% der Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements **26** von nämlicher Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements **26** abweicht. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die beiden Kopplerelemente **25**, **26** ferner so ausgebildet und angeordnete, mithin relativ zueinander so ausgerichtet, daß nämliche gedachte Längsachse K der Rohranordnung das erste Kopplerelement **25** mit einem gleichen Schnittwinkel imaginär schneidet wie das zweite Kopplerelement **26**, insb. jeweils unter einem gleichen kleinsten Schnittwinkel.

[0058] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung sind die beiden Kopplerelemente **25**, **26** dafür so ausgebildet und so relativ zueinander sowie den Rohren angeordnete, daß im Ergebnis die erwähnte, die Massenschwerpunkte M_{25} , M_{26} der beiden Kopplerelemente **25**, **26** imaginär verbindende, gedachte Längsachse K der Rohranordnung nicht senkrecht zur erwähnten gedachten Mittelebene Q der Rohranordnung ist, beispielsweise also nämliche gedachte Mittelebene Q der Rohranordnung unter einem Winkel imaginär schneidet, der 89° oder weniger beträgt. Anders gesagt, schneidet also die gedachte Längsachse K die gedachte Mittelebene Q imaginär unter einem Winkel, der kleiner als 90° ist, beispielsweise also weniger als 89° beträgt. Infolgedessen ist also die Längsachse K auch nicht parallel zur erwähnten Längsachse L des Meßwandlers.

[0059] Im Ergebnis vorgenannter, selbstredend gezielt herbeigeführter, Abweichung der Biegesteifigkeiten der beiden Koppler voneinander können auf sehr einfache, gleichwohl sehr effektive Weise auch kleinste, innerhalb von üblicherweise akzeptierten Toleranzbereichen liegende, Abweichungen einer oder mehrere der anderen Komponenten, etwa eines der Rohre und/oder eines der Schwingungssensoren, der Rohranordnung von deren jeweiligen nominellen, schlußendlich vorgenannte Massen- und/oder Steifigkeitsverteilung beeinflussenden, Idealmaßen und die damit einhergehenden Imbalancen innerhalb der Rohranordnung infolge von aus nämlichen Abweichungen resultierenden nicht idealen Masse- und/oder Steifigkeitsverteilungen gezielt ausgeglichen werden. Dies kann in besonders vorteilhafter Weise beispielsweise auch dadurch erfolgen, daß, nachdem die Rohranordnung zusammengebaut oder sogar auch erst nachdem letztere in das Meßwandler-Gehäuse **100** eingesetzt worden ist, die Biegesteifigkeit des betreffenden Kopplerelements durch nachträgliches Abtragen eines Teilvolumens verrin-

gert, mithin die davon mitbestimmten Eigenfrequenzen entsprechend verändert werden.

[0060] Dem Rechnung tragend ist gemäß einer weiteren Variante der Erfindung ferner vorgesehen, nachdem sowohl das erste Kopplerelement **25** als auch das zweite Kopplerelement **26** jeweils mit dem ersten Rohr **11** und dem zweiten Rohr **12** verbunden worden ist, von wenigstens einem der nämlichen Kopplerelemente **25, 26** in einem gewissen Umfang Material wieder zu entfernen, mithin Teilvolumen **25'** davon (wieder) abzutragen, um so die Biegesteifigkeit des jeweiligen Kopplerelements entsprechend zu reduzieren, mithin die Biegesteifigkeiten der wenigstens zwei Kopplerelemente voneinander entsprechend abweichen zu lassen. Dementsprechend wohnt also der Rohranordnung, nachdem die Kopplerelemente mit dem ersten und zweiten Rohr verbunden sind, zunächst eine von den Kopplerelementen, nicht zuletzt von der jeweiligen Biegesteifigkeit jedes der Kopplerelemente um die gedachte, das erste Kopplerelemente mit einem gleichen Schnittwinkel wie das zweite Kopplerelement imaginär schneidende, Längsachse der Rohranordnung, mitbestimmte vorläufige Eigenfrequenz – im weiteren Interim-Eigenfrequenz – inne, die von einer für die Rohranordnung vorgegebene bzw. angestrebte Ziel-Eigenfrequenz abweicht.

[0061] Die Interim-Eigenfrequenz der Rohranordnung kann beispielsweise sehr einfach und in guter Näherung dadurch quantitativ ermittelt werden, daß – beispielsweise unter Einleitung einer entsprechenden Erregerkraft via Erregeranordnung – das Rohr bzw. die damit gebildete Rohranordnung auf nämlicher Interim-Eigenfrequenz in einem dieser entsprechenden natürlichen Eigenmode vibrierengelassen wird, und eine Diskrepanz zwischen jener momentanen Interim-Eigenfrequenz und der für nämlichen Eigenmode vorab bestimmten bzw. erwarteten Ziel-Eigenfrequenz anhand einer entsprechenden Frequenzmessung ermittelt wird. Daher ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, das Rohr – etwa nach der Herstellung der nämlichen Rohr aufweisenden, ggf. auch schon in ihrer endgültigen Einbaulage im Meßwandlergehäuse **100** platzierten, Rohranordnung – zwecks des Ermitteln der wenigstens einen Interim-Eigenfrequenz der Rohranordnung vibrieren zu lassen; dies im besonderen auch bevor der Schritt des Abtragens von Teilvolumens des jeweilige Kopplerelements durchgeführt wird.

[0062] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Kopplerelemente, nicht zuletzt auch für den vorgenannten Fall, daß Teilvolumen von wenigstens einem der Kopplerelemente abgetragen werden soll, initial, also unmittelbar vor bzw. nach dem Zusammenbau der Rohranordnung, zunächst so bemessen, daß nämliche Interim-Eigenfrequenz größer als die angestrebte Ziel-Eigenfrequenz bzw.

daß die angestrebte Ziel-Eigenfrequenz kleiner als die Interim-Eigenfrequenz definiert ist.

[0063] Das Abtragen von Teilvolumen des Kopplerelements **25** bzw. **26** kann beispielsweise sukzessive erfolgen, nämlich so lange durchgeführt und/oder so oft wiederholt werden, bis eine entsprechende – ggf. auch wiederholt durchgeführte – Überprüfung ergibt, daß die Interim-Eigenfrequenz auf die für die Rohranordnung vorgegebene Ziel-Eigenfrequenz, die niedriger als die Interim-Eigenfrequenz ist, abgeglichen ist. Demgemäß wird das Abtragen von Teilvolumen wenigstens eines der Kopplerelemente **25** bzw. **26** gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung so lange durchgeführt und/oder so oft wiederholt, bis die Interim-Eigenfrequenz auf die für die Rohranordnung vorgegebene Ziel-Eigenfrequenz – die also niedriger als die Interim-Eigenfrequenz ist – abgeglichen ist. Alternativ oder in Ergänzung dazu kann das Abtragen von Teilvolumen wenigstens eines der Kopplerelemente **25** bzw. **26** auch so lange durchgeführt und/oder so oft wiederholt werden, bis allfällig in der Rohranordnung nach deren Zusammenbau auftretende Imbalancen auf ein vorgegebenes Toleranzmaß reduziert sind.

[0064] Dementsprechend ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner vorgesehen, beispielsweise vor und/oder während des Abtragens von Teilvolumen, wenigstens eines der Rohre zum Ermitteln der Interim-Eigenfrequenz vibrieren zulassen bzw. nämliche Vibrationen des wenigstens eines der Rohre entsprechend zu erfassen und hinsichtlich der Schwingungsfrequenz auszuwerten. Abgeleitet von der vorgenannten Frequenzmessung kann, etwa unter Ausnutzung der für die Rohranordnung typischerweise hinreichend bekannten funktionalen Abhängigkeit von der Rohranordnung immanenten mechanischen Eigenfrequenzen von der momentanen Biegesteifigkeit des jeweiligen Kopplerelements sowie der Masse und Massenverteilung der Rohranordnung, das für die angestrebte Eigenfrequenz bzw. die dementsprechend angestrebte Biegesteifigkeit des Kopplerelements noch entsprechend abzutragende Teilvolumen ausreichend genau nach Einbau der fertiggestellten Rohranordnung bzw. des nach Herstellung des Innenteils ermittelt werden.

[0065] Zum Einleiten von für die Frequenzmessung erforderlichen Erregerkräften via Erregeranordnung **40** zwecks Vibrierenlassens des Rohrs wie auch zum Detektieren daraus resultierender Vibrationen des Rohrs kann bei fertiggestellten Innenteil beispielsweise die dem schlußendlich herzustellenden Meßsystem bereits zugewiesene Umformer-Elektronik oder aber auch eine dieser vergleichbare, in der Fertigung verbleibende Test-Elektronik verwendet werden.

[0066] Das Abtragen an sich kann beispielsweise durch Abschneiden und/oder Abschleifen eines randständigen Teilvolumens des jeweiligen Kopplerelements, durch Einschleifen von einer oder mehreren, ggf. auch zueinander äquidistanten Kerben, durch Einbringen von Löchern, und/oder – wie auch in **Fig. 6** schematisch dargestellt – durch Einschneiden von einem oder mehreren, ggf. auch zueinander parallelen und/oder äquidistanten, Schlitz in das jeweilige Kopplerelement erfolgen. Nicht zuletzt für den – für Meßwandler der in Rede stehenden Art durchaus üblichen – Fall, daß die Kopplerelemente jeweils mittels flacher planarer Platten gebildet sind, ist vorgesehen, zwecks Beeinflussung von Eigenfrequenzen der Rohranordnung Teilvolumen aus einem sich zwischen dem ersten und zweiten Rohr erstreckenden Bereich nämlich Kopplerelements **25** bzw. **26** abzutragen.

[0067] Zum Abtragen von Teilvolumen von wenigstens einem der Kopplerelemente **25**, **26** kann z. B. mittels eines Gaslasers, wie etwa einem CO₂-Laser, mittels eines Festkörperlasers, wie etwa einem gepulste ND:YAG-Laser, oder auch mittels eines Faserlaser appliziertes Laserlicht verwendet werden. Die Verwendung von Laserlicht birgt u. a. auch den Vorteil, daß nämlich Abtragen von Teilvolumen des jeweiligen Kopplerelements weitgehend automatisiert, beispielsweise mittels Roboter, bzw. auch bei vibrieren gelassenem Rohr durchgeführt werden kann. Für letzteren Fall kann so beispielsweise abwechselnd ein definiertes Teilvolumen abgetragen und hernach unverzüglich anhand der dann entsprechend angeregten Vibrationen detektiert werden, ob die Rohranordnung bereits auf die Ziel-Eigenfrequenz getrimmt ist, bzw. kann eine momentane Abweichung der aktuellen Interim-Eigenfrequenz von der angestrebten Ziel-Eigenfrequenz kontinuierlich erfaßt und durch entsprechend "dosiertes", weiteres Abtragen von Teilvolumen – etwa durch Einschneiden eines oder mehrerer weiterer Schlitze – weiter bis zu einem akzeptablen Wert für die Abweichung reduziert werden. Alternativ oder in Ergänzung zu Laserlicht kann beispielsweise aber auch ein, ggf. auch nur manuell betätigtes, spannabhebendes Werkzeug, wie etwa eine Feile, bzw. ein spannabhebendes Verfahren zum Abtragen von Teilvolumen des jeweiligen Kopplerelements eingesetzt werden.

[0068] Durch das vorbeschriebene Abtragen eines Teilvolumens des Kopplerelements kann die, etwa zwecks Abgleich von Eigenfrequenzen und/oder zwecks Kompensation von Imbalancen, angestrebte Abweichung der Biegesteifigkeiten beider Kopplerelemente in dem für die jeweilige konkrete Rohranordnung passenden Umfang sehr einfach herbeigeführt, mithin können die davon mitbestimmten Eigenfrequenzen sehr präzise eingestellt, nämlich entsprechend verringert werden. Dies im besonderen auch so, daß schließlich die vorgenannte Biege-

steifigkeit des ersten Kopplerelements um die oben erwähnte, die Massenschwerpunkte beider Kopplerelemente **25**, **26** imaginär miteinander verbindende gedachte Längsachse der Rohranordnung um den gewünschten Betrag von der vorgenannten Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements um nämliche Längsachse abweicht.

[0069] Wenngleich vorangehend die Erfindung lediglich unter Bezugnahme auf ein bzw. zwei Kopplerelement(e) erläutert worden ist, sei an dieser Stelle daraufhingewiesen, daß selbstverständlich, nicht zuletzt auch zwecks einer weiteren Verbesserung der Präzision, mit der die Ziel-Eigenfrequenz eingestellt, und/oder zwecks Schaffung der Möglichkeit, für verschiedene Eigenmoden – etwa dem dem Nutzmode bzw. dem dem Coriolismode entsprechenden – deren jeweiligen Eigenfrequenzen selektiv trimmen zu können, auch an der Rohranordnung ggf. vorgesehene weitere Kopplerelemente der in Rede stehenden Art zusätzlich auch durch nachträgliches Abtragen Teilvolumen hinsichtlich ihrer Biegesteifigkeit reduziert und so in den nachträglichen Abgleich der Eigenfrequenzen der Rohranordnung entsprechend mit einbezogen werden können. Darüberhinaus können, falls erforderlich, zusätzlich zur vorbeschriebenen Reduzierung von Biegesteifigkeiten von Kopplerelemente auch diskrete Zusatzmassen **35**, **36** an den Rohren **11**, bzw. **12** angebracht sein, die ihrerseits ebenfalls einen Eigenfrequenzen der Rohranordnung, etwa auch modenselektiv, erniedrigenden Beitrag leisten.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- EP 421812 A [0002, 0003]
- EP 462711 A [0002, 0003]
- EP 763720 A [0002, 0003]
- EP 1248084 A [0002]
- US 4680974 A [0002, 0049]
- US 4738144 A [0002, 0049]
- US 4768384 A [0002, 0049]
- US 4801897 A [0002, 0047, 0049]
- US 4823614 A [0002, 0005, 0049]
- US 4879911 A [0002, 0047, 0049]
- US 5009109 A [0002, 0047, 0049]
- US 5050439 A [0002, 0047, 0049]
- US 5359881 A [0002, 0049]
- US 5602345 A [0002, 0046, 0049, 0052]
- US 5610342 A [0002, 0009, 0041]
- US 5734112 A [0002, 0003, 0049]
- US 5796011 A [0002, 0003, 0046, 0049]
- US 5926096 A [0002, 0049]
- US 5969264 A [0002, 0049]
- US 7127952 B [0002, 0049]
- US 6092429 A [0002, 0005, 0049]
- US 6311136 B [0002, 0047, 0054]
- US 6883387 B [0002, 0049]
- US 7325461 B [0002, 0005, 0049]
- US 7392709 B [0002, 0049]
- US 7421350 B [0002, 0049]
- US 7610795 B [0002, 0009]
- US 2010/0050783 A [0002]
- US 2010/0251830 A [0002]
- US 2010/0242623 A [0002, 0003]
- WO 96/08697 A [0002, 0046]
- WO 98/40702 A [0002]
- WO 2004/099735 A [0002]
- WO 2005/050145 A [0002]
- WO 2007/040468 A [0002]
- WO 2008/059015 A [0002]
- WO 2010/059157 A [0002]
- DE 102009046043 [0002]
- US 6651513 B [0006, 0055]
- US 7080564 B [0006]
- US 6513393 B [0006]
- US 6711958 B [0038]
- US 5349872 A [0038]
- US 6920798 B [0046]
- US 5531126 A [0046]
- US 6666098 B [0046]
- US 6311136 A [0049]
- US 6073495 A [0054]
- US 7284449 B [0055]
- US 7017424 B [0055]
- US 6910366 B [0055]
- US 6840109 B [0055]
- US 5576500 A [0055]

Patentansprüche

1. Meßwandler vom Vibrationstyp zum Erzeugen von mit Parameter eines strömenden Mediums, insb. einer Massendurchflußrate, einer Dichte und/oder einer Viskosität, korrespondierenden Vibrationssignalen (s_1 , s_2), welcher Meßwandler umfaßt:

– ein Meßwandlergehäuse mit einem ersten Gehäuseende (**100+**) und mit einem zweiten Gehäuseende (**100#**); sowie

– eine sich innerhalb des Meßwandlergehäuse von dessen ersten Gehäuseende bis zu dessen zweiten Gehäuseende erstreckende, mittels wenigstens zweier, insb. baugleicher und/oder zueinander parallel verlaufender, Rohre gebildete Rohranordnung,

– von denen zumindest ein, insb. im Betrieb vibrierendes, erstes Rohr (**11**) als ein dem Führen von strömendem Medium dienendes Meßrohr ausgebildet ist, und

– von denen ein, insb. im Betrieb vibrierendes, zweites Rohr (**12**) unter Bildung einer einlaßseitigen ersten Kopplungszone (**#11**, **#12**) mittels eines, insb. plattenförmigen, ersten Kopplerelements (**25**) und unter Bildung einer auslaßseitigen zweiten Kopplungszone (**11#**, **12#**) mittels eines, insb. plattenförmigen, zweiten Kopplerelements (**26**) mit dem ersten Rohr mechanisch verbunden ist;

– wobei das erste Kopplerelement (**25**) gleichweit vom ersten Gehäuseende des Meßwandlergehäuses entfernt angeordnet ist, wie das zweite Kopplerelement (**26**) vom zweiten Gehäuseende des Meßwandlergehäuses, und

– wobei das erste Kopplerelement (**25**) eine Biegesteifigkeit um eine einen Massenschwerpunkt (M_{25}) des ersten Kopplerelements (**25**) und einen Massenschwerpunkt (M_{26}) des zweiten Kopplerelements (**26**) imaginär verbindende, insb. das erste Kopplerelement mit einem gleichen Schnittwinkel wie das zweite Kopplerelement imaginär schneidende, gedachte Längsachse (K) der Rohranordnung aufweist, die von einer Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements um nämliche gedachte Längsachse der Rohranordnung, insb. um mehr als 0,1% nämlicher Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements, abweicht.

2. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die gedachte Längsachse der Rohranordnung das erste Kopplerelement (**25**) unter einem gleichen kleinsten Schnittwinkel imaginär schneidet wie das zweite Kopplerelement (**26**).

3. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, weiters umfassend eine mit der Rohranordnung mechanisch gekoppelte, insb. am ersten und zweiten Rohr angebrachte, elektromechanische Erregeranordnung zum Bewirken von Vibrationen, insb. gegengleichen Biegeschwingungen, der wenigstens zwei Rohre, insb. derart, daß das erste Rohr zumindest anteilig Biegeschwingungen um eine erste gedachte Biegeschwingungsachse der Rohranordnung

und das zweite Rohr zumindest anteilig Biegeschwingungen um eine zur ersten gedachten Biegeschwingungsachse parallele zweite gedachte Biegeschwingungsachse der Rohranordnung ausführen.

4. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, weiters umfassend eine Sensoranordnung zum Erfassen von Vibrationen, insb. Biegeschwingungen, wenigstens eines der Rohre und zum Erzeugen wenigstens eines nämliche Vibrationen repräsentierenden Vibrationssignals.

5. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das erste Rohr parallel zum zweiten Rohr verläuft.

6. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das erste Rohr und das zweite Rohr hinsichtlich Form und Material baugleich sind.

7. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche,

– wobei jedes der Rohre jeweils, insb. U-förmig oder V-förmig, gekrümmt ist; oder

– wobei jedes der Rohre jeweils gerade ist

8. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine erste gedachte Verbindungsachse (V_{11}), die ein erstes Rohrende des ersten Rohrs und ein zweites Rohrende des ersten Rohrs imaginär miteinander verbindet, sowohl parallel zu einer zweiten gedachte Verbindungsachse (V_{12}), die ein erstes Rohrende des zweiten Rohrs und ein zweites Rohrende des zweiten Rohrs imaginär miteinander verbindet, als auch senkrecht zu einer gedachten Mittelebene (Q) der Rohranordnung ist.

9. Meßwandler gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei die den Massenschwerpunkt des ersten Kopplerelements (**25**) und den Massenschwerpunkt des zweiten Kopplerelements (**26**) imaginär verbindende gedachte Längsachse (K) der Rohranordnung nicht senkrecht zu nämlicher gedachten Mittelebene (Q) der Rohranordnung ist, insb. nämliche gedachte Mittelebene der Rohranordnung unter einem Winkel imaginär schneidet, der weniger als 89° beträgt.

10. Meßwandler gemäß Anspruch 8, wobei die den Massenschwerpunkt des ersten Kopplerelements (**25**) und den Massenschwerpunkt des zweiten Kopplerelements (**26**) imaginär verbindende gedachte Längsachse (K) der Rohranordnung nämliche gedachte Mittelebene (Q) der Rohranordnung unter einem Winkel imaginär schneidet, der kleiner als 90° ist, insb. weniger als 89° beträgt.

11. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei auch das zweite Rohr als ein dem Führen von strömendem Medium dienendes Meßrohr ausgebildet ist.

12. Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche, weiters umfassend

- einen einlaßseitigen ersten Strömungsteiler (**21**) mit wenigstens zwei voneinander beabstandeten Strömungsöffnungen (**21A**, **21B**), sowie
- einen auslaßseitigen zweiten Strömungsteiler (**22**) mit wenigstens zwei voneinander beabstandeten Strömungsöffnungen (**22A**, **22B**);
- wobei die wenigstens zwei Rohre unter Bildung einer Rohranordnung mit zumindest zwei strömungstechnisch parallel geschalteten Strömungspfaden an die, insb. baugleichen, Strömungsteiler (**21**, **22**) angeschlossen sind, derart,
- daß das erste Rohr (**11**) mit einem einlaßseitigen ersten Rohrende in eine erste Strömungsöffnung (**21A**) des ersten Strömungsteilers (**21**) und mit einem auslaßseitigen zweiten Rohrende in eine erste Strömungsöffnung (**22A**) des zweiten Strömungsteilers (**22**) und
- daß das zweite Rohr (**12**) mit einem einlaßseitigen ersten Rohrende in eine zweite Strömungsöffnung (**21B**) des ersten Strömungsteilers (**21**) und mit einem auslaßseitigen zweiten Rohrende in eine zweite Strömungsöffnung (**22B**) des zweiten Strömungsteilers (**22**) münden.

13. Meßwandler gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei das erste Gehäuseende des Meßwandlergehäuses mittels eines ersten Strömungsteilers und das zweite Gehäuseende des Meßwandlergehäuses mittels eines zweiten Strömungsteilers gebildet sind.

14. Meßsystem für ein einer Rohrleitung strömendes Medium, insb. einer wäßrigen Flüssigkeit, einem Schlamm, einer Paste oder einem anderen fließfähigem Material, welches, insb. als Kompakt-Meßgerät und/oder als Coriolis-Massendurchfluß-Meßgerät ausgebildete, Meßsystem einen im Betrieb vom Medium durchströmten einen Meßwandler gemäß einem der vorherigen Ansprüche sowie eine mit dem Meßwandler elektrisch gekoppelte Umformer-Elektronik zum Ansteuern des Meßwandlers und zum Auswerten von vom Meßwandler gelieferten Vibrationsignalen umfaßt,

15. Verfahren zum Herstellen eines Meßwandlers vom Vibrationstyp, wobei der Meßwandler

- ein Meßwandlergehäuse mit einem ersten Gehäuseende und mit einem zweiten Gehäuseende; sowie
- eine sich innerhalb des Meßwandlergehäuses von dessen erstem Gehäuseende bis zu dessen zweitem Gehäuseende erstreckende, mittels wenigstens zweier Rohre gebildete Rohranordnung,
- von denen zumindest ein, insb. im Betrieb vibrierendes, erstes Rohr als ein dem Führen von strömendem Medium dienendes Meßrohr ausgebildet ist, und
- von denen ein, insb. im Betrieb vibrierendes, zweites Rohr unter Bildung einer einlaßseitigen ersten Kopplungszone mittels eines, insb. plattenförmigen, ersten Kopplerelements und unter Bildung einer aus-

laßseitigen zweiten Kopplungszone mittels eines, insb. plattenförmigen, zweiten Kopplerelements mit dem ersten Rohr mechanisch verbunden ist, aufweist, welches Verfahren umfaßt:

- Verbinden des ersten Kopplerelements (**25**) mit dem ersten Rohr und dem zweiten Rohr sowie des zweiten Kopplerelements (**26**) mit dem ersten Rohr und dem zweiten Rohr, und
- Abtragen von Teilvolumen (**25'**) wenigstens eines der Kopplerelemente (**25**; **26**), insb. aus einem sich zwischen dem ersten und zweiten Rohr erstreckenden Bereich nämlich Kopplerelements (**25**; **26**), nachdem dieses mit dem ersten und zweiten Rohr verbunden ist, insb. derart, daß das erste Kopplerelement eine Biegesteifigkeit um eine gedachte, das erste Kopplerelemente mit einem gleichen Winkel wie das zweite Kopplerelement imaginär schneidende, Längsachse der Rohranordnung aufweist, die von einer Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements um nämliche gedachte Längsachse der Rohranordnung um mehr als 0,1% nämlicher Biegesteifigkeit des zweiten Kopplerelements abweicht.

16. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Rohranordnung, nachdem die Kopplerelemente mit dem ersten und zweiten Rohr verbunden sind, eine von den Kopplerelementen, insb. von einer jeweiligen Biegesteifigkeit jedes der Kopplerelemente um eine gedachte, das erste Kopplerelemente mit einem gleichen Schnittwinkel wie das zweite Kopplerelement imaginär schneidende, Längsachse der Rohranordnung, mitbestimmte Interim-Eigenfrequenz innewohnt, und wobei das Abtragen von Teilvolumen wenigstens eines der Kopplerelemente (**25**; **26**) so lange durchgeführt und/oder so oft wiederholt wird, bis die Interim-Eigenfrequenz auf eine für die Rohranordnung vorgegebene Ziel-Eigenfrequenz, die niedriger als die Interim-Eigenfrequenz ist, abgeglichen ist.

17. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, weiters umfassend:

- einen Schritt des Detektierens, ob die Rohranordnung auf die Ziel-Eigenfrequenz getrimmt ist, insb. basierend auf wenigstens einer bei vibrierengelassenem Rohr gemessenen mechanischen Eigenfrequenz der Rohranordnung; und/oder
- einen Schritt des Ermitteln, inwieweit die Interim-Eigenfrequenz der Rohranordnung von der Ziel-Eigenfrequenz abweicht, insb. basierend auf wenigstens einer bei vibrierengelassenem Rohr gemessenen mechanischen Eigenfrequenz der Rohranordnung.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, weiters umfassend einen Schritt des Vibrierenlassens wenigstens eines der Rohre zum Ermitteln der Interim-Eigenfrequenz.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, wobei zum Abtragen eines Teilvolumens des wenigstens einen der Kopplerelemente (**25; 26**), insb. mittels eines Gaslasers, mittels eines Festkörperlaser oder auch mittels eines Faserlaser appliziertes, Laserlicht verwendet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, wobei das Abtragen eines Teilvolumens des wenigstens einen der Kopplerelemente (**25; 26**) einen Schritt des Einschneidens wenigstens eines Schlitzes in nämliches Kopplerelement umfaßt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, wobei das Abtragen eines Teilvolumens des wenigstens einen der Kopplerelemente (**25; 26**) einen Schritt des Einschleifens wenigstens einer Kerbe in nämliches Kopplerelement umfaßt.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

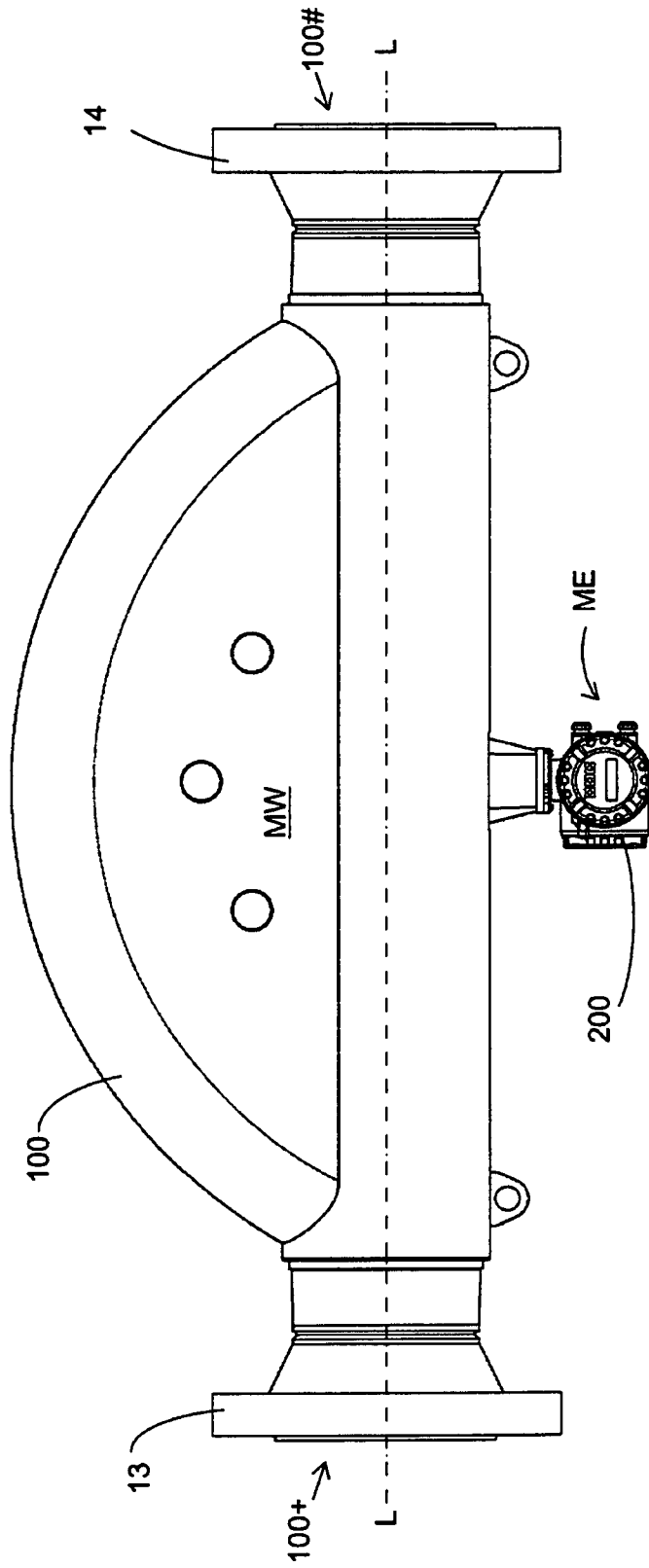


Fig. 1

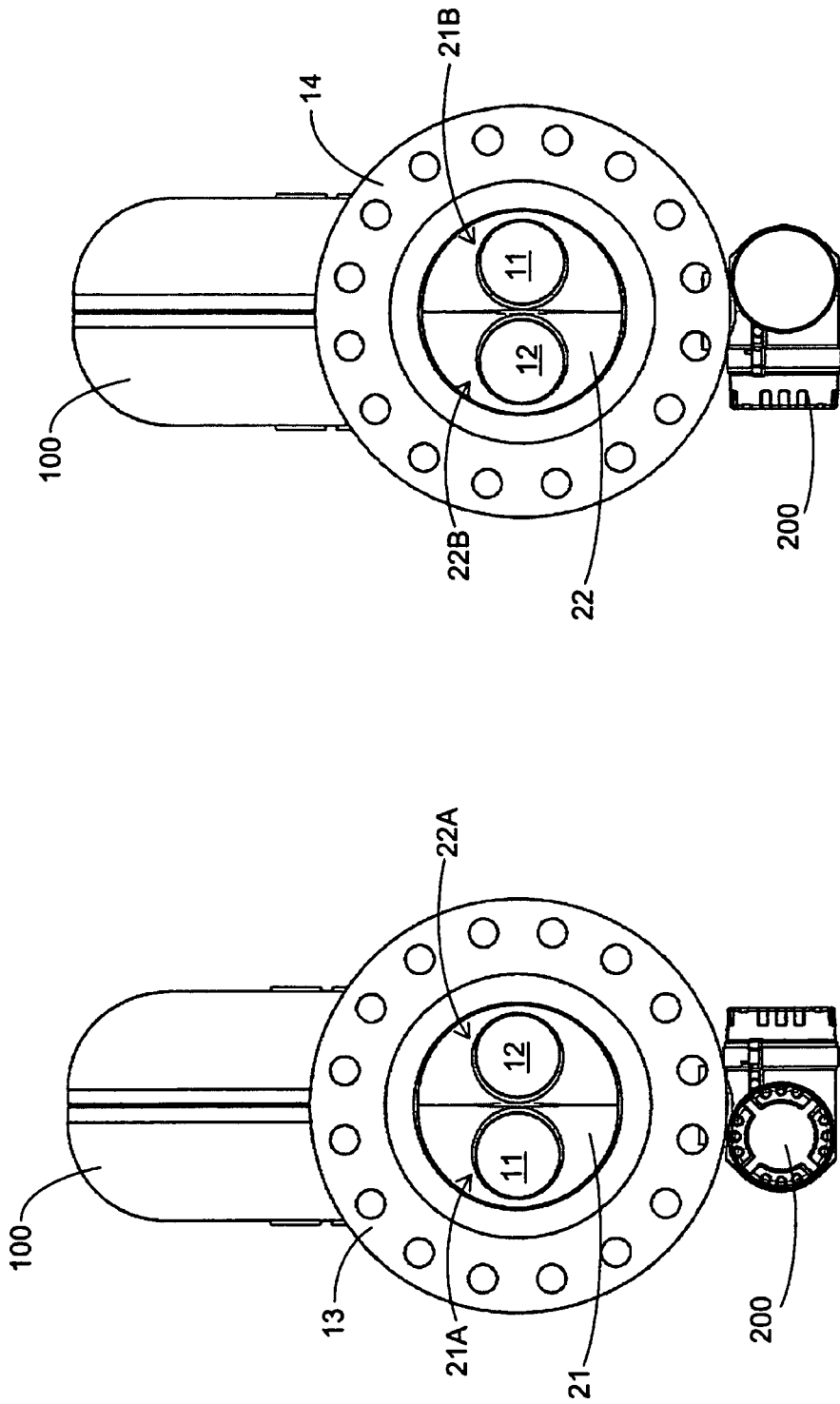


Fig. 2b

Fig. 2a

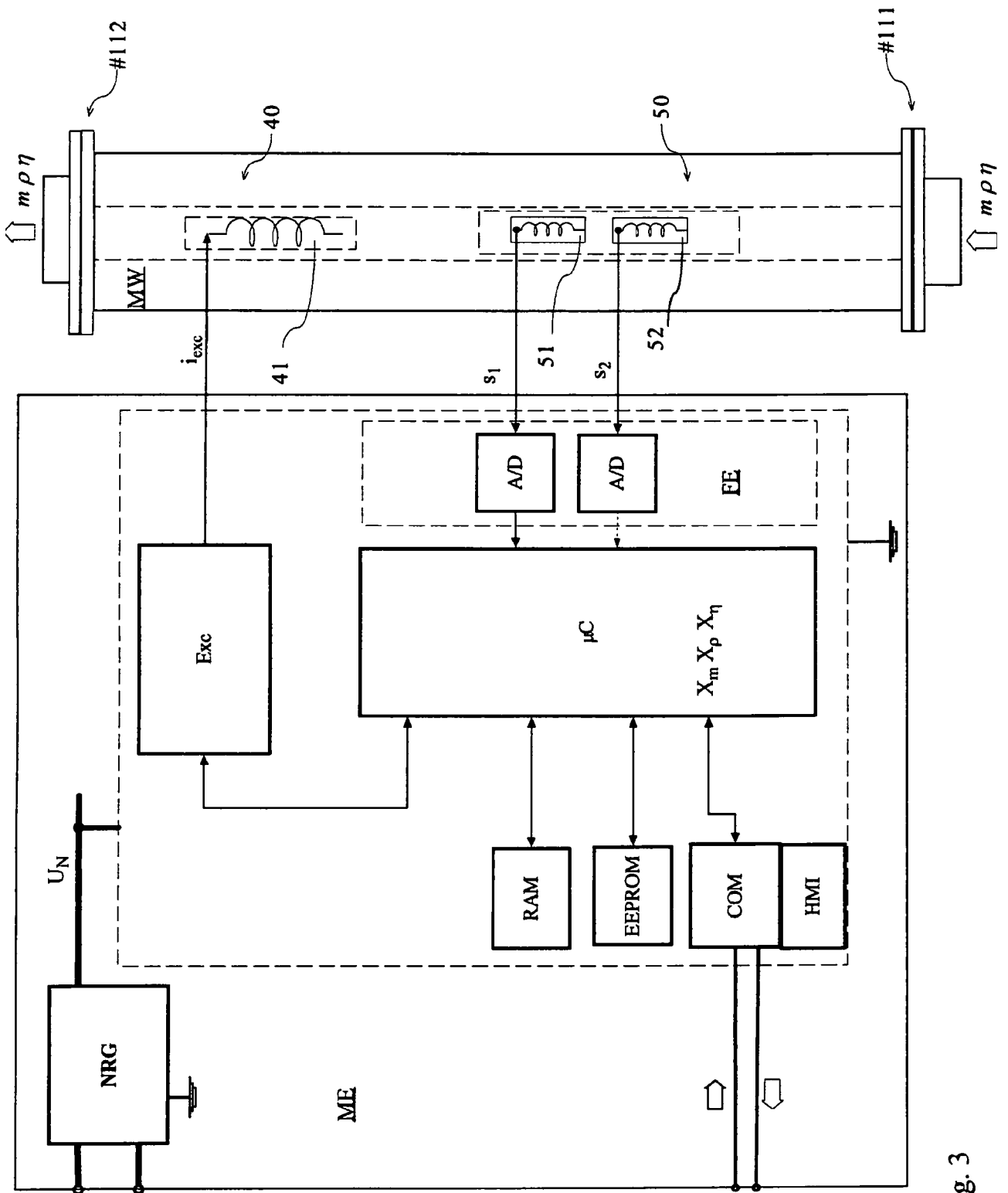


Fig. 3

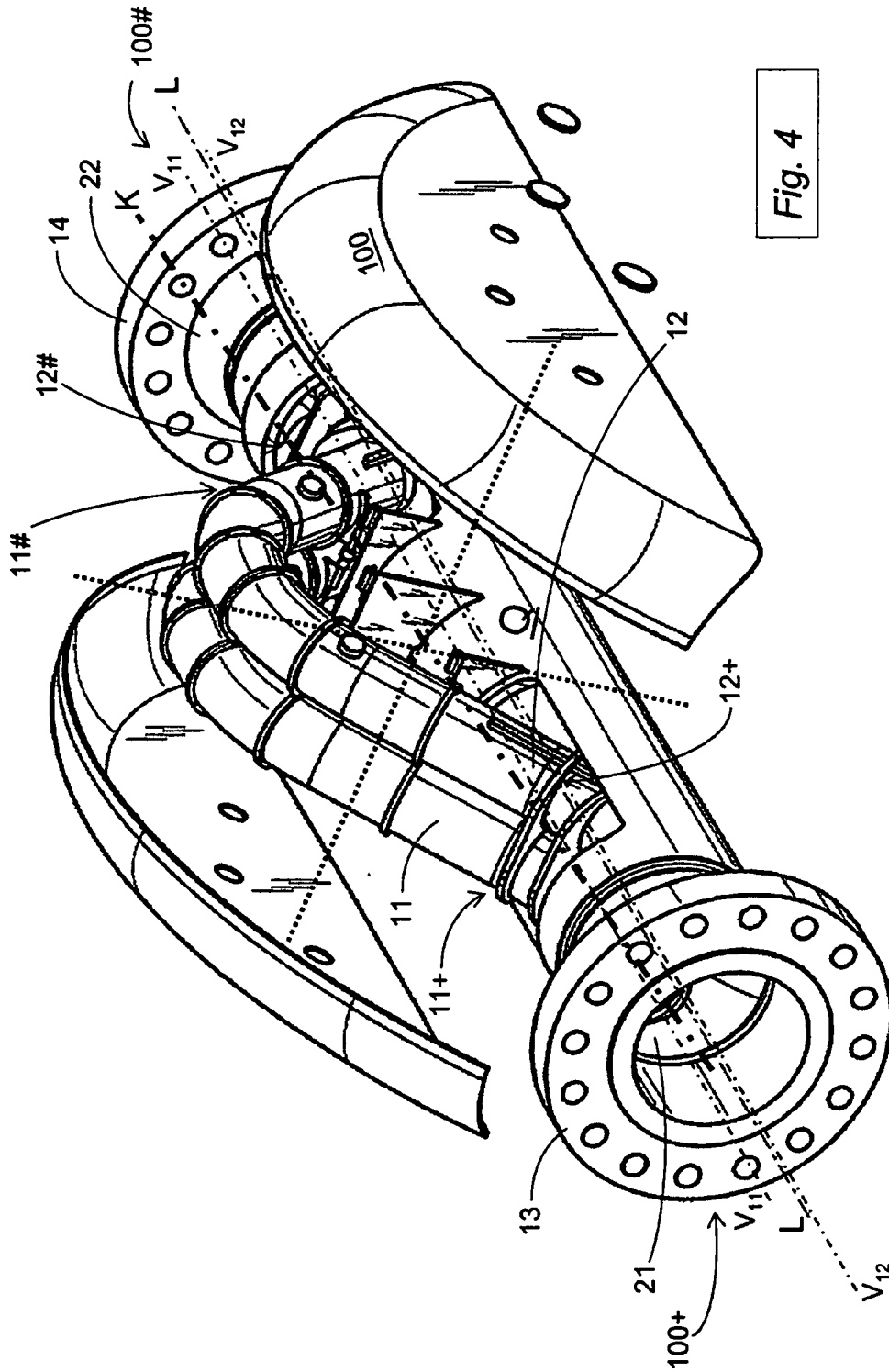
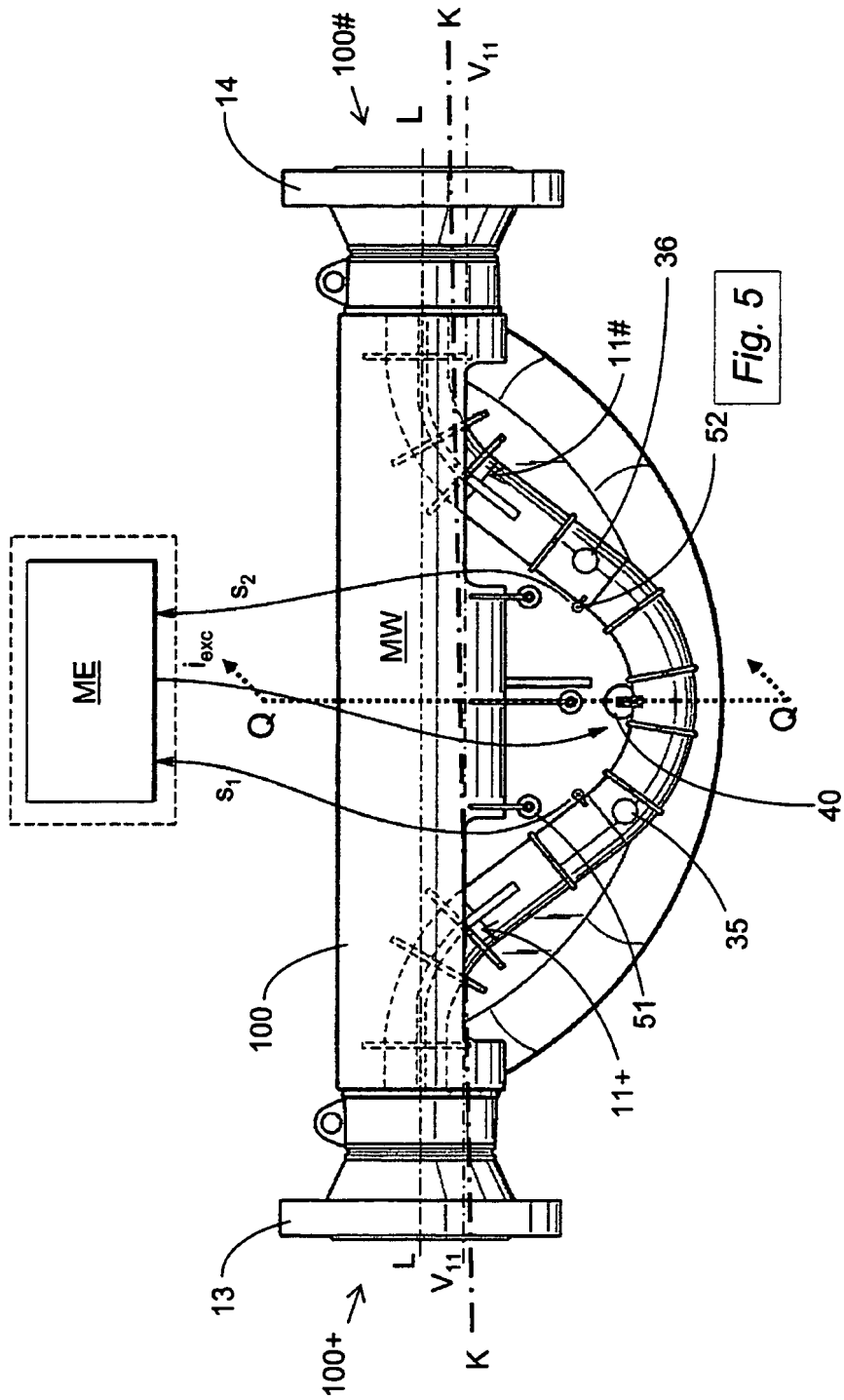


Fig. 4



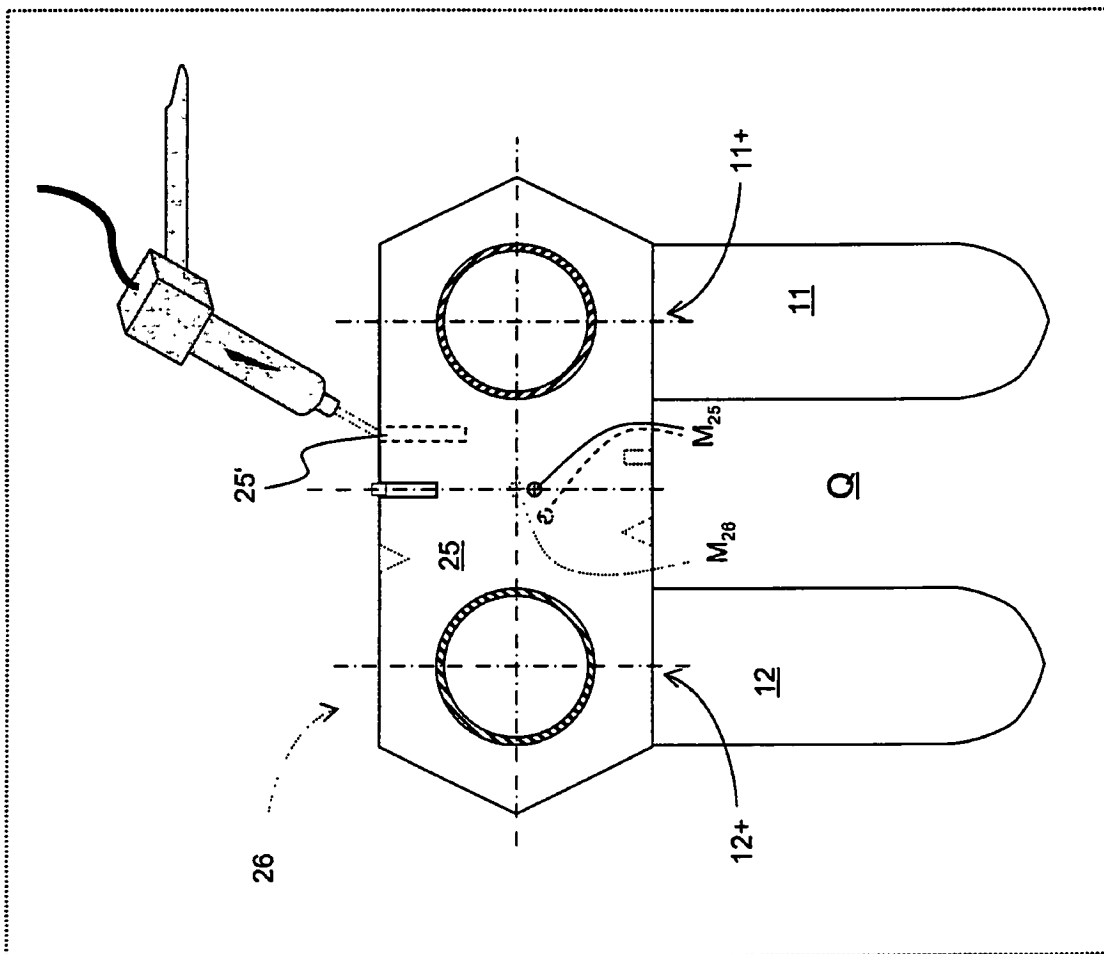


Fig. 6