



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 013 601 A1** 2007.09.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 013 601.2**

(22) Anmeldetag: **22.03.2006**

(43) Offenlegungstag: **27.09.2007**

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

(71) Anmelder:

Endress + Hauser Flowtec AG, Reinach, CH

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

Lorenz, Rainer, 79540 Lörrach, DE; Bitto, Ennio, Aesch, CH; Bernhard, Holger, 79639 Grenzach-Wyhlen, DE

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

DE 103 54 373 A1

DE 40 26 724 A1

DE 297 09 692 U1

US 70 05 019 B2

US 67 76 053 B3

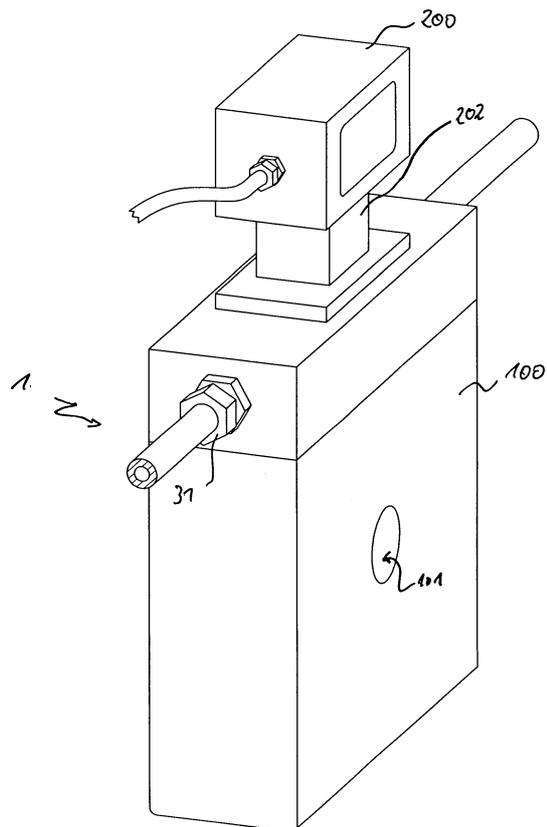
EP 11 82 433 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

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

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

(57) Zusammenfassung: Der Meßaufnehmer umfaßt wenigstens ein mit einer im Betrieb angeschlossenen Leitung kommunizierendes Meßrohr zum Führen eines zu messenden Mediums sowie ein das wenigstens eine Meßrohr schwingfähig haltendes Trägerelement. Des Weiteren ist vorgesehen, daß das Trägerelement wenigstens zwei eingebrachte Durchlaßkanäle aufweist, über die das wenigstens eine Meßrohr mit der Leitung kommuniziert und daß das wenigstens eine Meßrohr an zumindest einem Ende mittels einer Rohrverschraubung im Bereich eines der Durchlaßkanäle am Trägerelement, insbesondere wieder lösbar, fixiert ist. Alternativ oder in Ergänzung dazu ist ferner vorgesehen, daß das wenigstens eine Meßrohr zumindest anteilig aus kalt verfestigtem, beispielsweise kalt gestrecktem oder autofrettiertem, Material besteht. Gegebenenfalls kann der Meßaufnehmer ferner wenigstens zwei mit der Leitung kommunizierende Meßrohre zum Führen des Mediums umfassen, von denen jedes an ein einlaßseitiges Verteilerelement und an ein auslaßseitiges Verteilerelement anzuschließen ist. Dabei kann wenigstens eines der beiden Verteilerelemente als integraler Bestandteil des Trägerelements ausgebildet sein, so daß das Trägerelement zumindest im Bereich dieses wenigstens einen Verteilerelements frei von Fügestellen, insbesondere frei von Löt- oder Schweißverbindungen, gehalten werden kann. Der erfindungsgemäße Meßaufnehmer ist im besonderen auch für solche Anwendungen vorgesehen, bei denen das zu messende Medium mit einem Druck von mehr ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen, beispielsweise als Coriolis-Massendurchfluß-Meßaufnehmer ausgebildeten, Meßaufnehmer vom Vibrationstyp für ein dem Messen eines in einer Leitung strömenden Mediums dienendes In-Line-Meßgerät.

[0002] In der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik werden zum hochgenauen Erfassen von Prozeß-Meßgrößen in Leitungen, insb. Rohrleitungen, strömender Medien, insb. zum Erfassen strömungsdynamischer und/oder rheologischer Meßgrößen, oftmals In-Line-Meßgeräte mit einem Meßaufnehmer vom Vibrationstyp verwendet, der wenigstens ein mit der mediumsführenden Rohrleitung kommunizierendes, im Betrieb vibrierendes Meßrohr aufweist. Aufbau, Wirkungsweise sowie Anwendungsmöglichkeiten solcher Meßaufnehmer vom Vibrationstyp sind u.a. in der US-A 41 27 028, der US-A 45 24 610, der US-A 47 68 384, der US-A 47 93 191, der US-A 48 23 614, der US-A 52 53 533, der US-A 53 01 557, der US-A 56 10 342, der US-A 60 06 609, der US-A 60 47 457, der US-B 61 68 069, der US-B 63 14 820, der US-B 63 52 196, der US-B 63 97 685, der US-B 64 50 042, der US-B 64 87 917, der US-B 65 16 674, der US-B 65 19 828, der US-B 65 23 421, der US-B 65 98 281, der US-B 66 66 098, der US-B 66 98 644, der US-B 67 11 958, der US-A 67 69 163, der US-B 68 07 866, der WO-A 03/048693 oder der der WO-A 05/050144 ausführlich und detailliert beschrieben.

[0003] Meßaufnehmer vom Vibrationstyp dienen bekanntlich dazu, im Zusammenspiel mit einer daran angeschlossenen Meßgerät-Elektronik in dem momentan im wenigstens einen Meßrohr geführten Medium mit der zu messenden Prozeß-Meßgröße entsprechend korrespondierende Reaktionskräfte, wie z.B. mit einem Massendurchfluß korrespondierende Corioliskräfte, mit einer Dichte korrespondierende Trägheitskräfte oder mit einer Viskosität korrespondierende Reibungskräfte etc., zu erzeugen und von diesen abgeleitet ein mit der der Prozeß-Meßgröße, beispielsweise dem jeweiligen Massedurchfluß, der jeweilige Viskosität und/oder der jeweilige Dichte des Mediums, entsprechend korrespondierendes Meßsignal zu erzeugen. Das wenigstens eine Meßrohr des Meßaufnehmers ist dafür üblicherweise mediumsdicht, insb. druckdicht, und zumeist auch dauerhaft in den Verlauf der das Medium führenden Rohrleitung, z.B. mittels entsprechender Flanschanschlüsse, eingesetzt. Zum schwingfähigen Haltern des wenigstens eine Meßrohrs ist ferner ein im Vergleich dazu zumeist sehr biegesteif ausgeführtes, rohr- oder rahmenförmiges Trägerelement, beispielsweise aus Stahl, vorgesehen, das ein- und auslaßseitig an das jeweilige Meßrohr mechanisch gekoppelt, beispielsweise direkt daran fixiert, ist. Das Trägerelement kann, wie bei derartigen Meßaufnehmern üblich und

auch dem oben genannten Stand der Technik ohne weiteres entnehmbar, mittels entsprechend von außen angebrachten Abdeckungen, wie z.B. rohrabdeckenden Kappen oder seitlich angebrachten Blechen, zum bereits erwähnten Meßaufnehmer-Gehäuse komplettiert oder auch selbst als Meßaufnehmer-Gehäuse ausgebildet sein.

[0004] Zum Antreiben des wenigstens einen Meßrohrs umfassen Meßaufnehmer der beschriebenen Art weiters eine mit der jeweiligen Meßgerät-Elektronik elektrisch verbundene Erregeranordnung mit einem auf das Meßrohr mechanisch einwirkenden, insb. elektro-dynamischen oder elektromagnetischen, Schwingungserreger. Im Betrieb wird die Erregeranordnung von der Meßgerät-Elektronik mittels entsprechender Erregersignale in geeigneter Weise so angesteuert, daß das Meßrohr zumindest temporär Vibrationen, insb. Biegeschwingungen und/oder Torsionsschwingungen, ausführt. Des weiteren ist eine Schwingungsmesssignale liefernden Sensoranordnung vorgesehen, die zumindest bei Verwendung des Meßaufnehmers als Coriolis-Massendurchfluß-Meßaufnehmer wenigstens zwei voneinander beabstandete, auf einlaß- bzw. auslaßseitige Vibrationen des Meßrohrs reagierende Sensorelemente aufweist.

[0005] Neben der Möglichkeit des gleichzeitigen Messens mehrerer solcher Prozeßgrößen strömender Medien, insb. des Massendurchflusses, der Dichte und/oder der Viskosität, mittels ein und desselben Meßgeräts besteht ein weiterer wesentlicher Vorteil von In-Line-Meßgeräten mit Meßaufnehmern vom Vibrationstyp u.a. darin, daß sie innerhalb vorgegebener Betriebsgrenzen eine sehr hohe Meßgenauigkeit bei vergleichsweise geringer Störempfindlichkeit aufweisen. Darüber hinaus kann ein solches Meßgerät für praktisch jedes fließ- oder strömungsfähige Medium verwendet und in einer Vielzahl verschiedenster Anwendungsbereiche der Meß- und Automatisierungstechnik eingesetzt werden.

[0006] Bei In-Line-Meßgeräten der beschriebenen Art, die als Coriolis-Massendurchflußmesser eingesetzt werden, ermittelt die jeweilige Meßgerät-Elektronik im Betrieb u.a. eine Phasendifferenz zwischen den beiden von den Sensorelementen gelieferten Schwingungsmesssignalen und gibt die Meßgerät-Elektronik an ihrem Ausgang ein davon abgeleitetes Meßwertsignal ab, das einen mit dem zeitlichen Verlauf des Massendurchflusses korrespondierenden Meßwert darstellt. Soll, wie bei derartigen In-Line-Meßgeräten üblich, auch die Dichte des Mediums gemessen werden, so ermittelt die Meßgerät-Elektronik dafür anhand der Schwingungsmesssignale weiters eine momentane Schwingfrequenz der Meßrohre. Außerdem kann beispielsweise auch die Viskosität des Mediums anhand der zur Aufrechterhaltung von den Meßrohr-Schwingungen erforderli-

chen Leistung, insb. einem entsprechenden Erregerstrom für die Erregeranordnung, gemessen werden.

[0007] Zum Betrieb des Meßaufnehmers, insb. auch zur Weiterverarbeitung oder Auswertung des wenigstens einen Meßsignals, ist dieser, wie bereits angedeutet, mit einer entsprechenden Meßgerät-Elektronik elektrisch verbunden. In der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik ist diese Meßgerät-Elektronik zudem oftmals über ein angeschlossenes Datenübertragungs-System mit anderen Meßgeräten und/oder mit einem entfernten Zentralrechner verbunden, wohin sie die Meßwertsignale, z.B. via digitalen Daten-Bus, sendet. Als Datenübertragungssysteme dienen hierbei oftmals, insb. serielle, Bus-Systeme, wie z.B. PROFIBUS-PA, FOUNDATION FIELDBUS sowie die entsprechenden Übertragungs-Protokolle. Mittels des Zentralrechners können die übertragenen Meßwertsignale weiterverarbeitet und als entsprechende Meßergebnisse z.B. auf Monitoren visualisiert und/oder in Steuersignale für entsprechende Stellglieder, wie z.B. Magnet-Ventile, Elektro-Motoren von Pumpen etc., umgewandelt werden. Zur Aufnahme der Meßgerät-Elektronik umfassen solche In-Line-Meßgeräte ferner ein Elektronik-Gehäuse, das, wie z.B. in der WO-A 00/36379 vorgeschlagen, vom Meßaufnehmer entfernt angeordnet und mit diesem nur über eine flexible Leitung verbunden sein kann oder das, wie z.B. auch in der EP-A 1 296 128 oder der WO-A 02/099363 gezeigt, direkt am Meßaufnehmer, insb. auf einem den Meßaufnehmer einhausenden Meßaufnehmer-Gehäuse, angeordnet ist.

[0008] Bei Meßaufnehmern der beschriebenen Art haben sich im wesentlichen zwei Arten von Rohrformen am Markt etabliert, nämlich einerseits im wesentlichen gerade Meßrohre und andererseits im wesentlichen in einer Rohrebene gebogene Meßrohre, unter denen die im wesentlichen S-, U- oder V-förmigen die wohl am meisten verwendeten sind. Insbesondere bei dem Messen von Massedurchflüssen dienenden Coriolis-Massedurchfluss-Meßaufnehmern werden bei beiden Arten von Rohrformen aus Symmetriegründen zumeist zwei im Ruhezustand im wesentlichen parallel zueinander verlaufende und zumeist auch parallel vom Medium durchströmte Meßrohre verwendet. Hierzu kann exemplarisch auf die US-A 41 27 028, die US-A 47 68 384, die US-A 47 93 191, US-A 53 01 557, die US-A 56 10 342, US-A 57 96 011 oder US-B 64 50 042 auf die verwiesen werden.

[0009] Neben Meßaufnehmern mit einer solchen Doppel-Meßrohranordnung sind aber auch Meßaufnehmer mit einem einzigen geraden oder gebogenen Meßrohr seit längerem am Markt erhältlich. Derartige Meßaufnehmer vom Vibrationstyp mit einem einzigen Meßrohr sind z. B. in der US-A 45 24 610, der US-A 48 23 614, der US-A 52 53 533, der US-A 60 06 609,

der US-A 60 47 457, der US-A 61 68 069 der US-B 63 14 820, der US-B 63 97 685, der US-B 64 87 917, der US-B 65 16 674, der US-B 66 66 098, der US-B 66 98 644, der US-B 67 11 958, der US-B 68 07 866, der WO-A 03/048693 oder der WO-A 05/050144 beschrieben. Jeder der darin in der gezeigten Meßaufnehmer umfaßt u.a. ein einlaßseitiges sowie ein auslaßseitiges Ende aufweisenden, zumindest zeitweise vibrierenden Meßrohr, beispielsweise aus Stahl, Titan, Tantal oder Zirkonium oder geeigneten Legierungen mit einem oder mehreren der vorgenannten Metallen, zum Führen des zu messenden Mediums.

[0010] Für den vorbeschriebenen Fall, daß es sich bei dem verwendeten Meßaufnehmer um einen solchen mit einem einzigen Meßrohr handelt, sind im Meßaufnehmer zudem ein, insb. schwingfähig im Meßaufnehmer-Gehäuse aufgehängtes, am Meßrohr fixierter Gegenschwinger vorgesehen, der abgesehen vom Haltern des Schwingungserregers und der Sensorelemente, dazu dient, das vibrierende Meßrohr von der angeschlossenen Rohrleitung schwingungstechnisch zu entkoppeln. Der zumeist aus kostengünstigem Stahl gefertigte – praktisch auch als inneres Trägerelement dienende – Gegenschwinger kann dabei z.B. als ein koaxial zum Meßrohr angeordneter rohrförmiger Kompensationszylinder oder kastenförmiger Tragrahmen ausgeführt sein.

[0011] An die in der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik verwendeten Meßaufnehmer vom Vibrationstyp werden sehr hohe Anforderungen hinsichtlich der Meßgenauigkeit gestellt, die üblicherweise im Bereich von etwa 0,1 % des Meßwerts und/oder 0,01 % vom Meßendwert liegt. Dafür ist im besonderen eine sehr hohe Stabilität des Nullpunkts wie auch eine sehr hohe Robustheit der gelieferten Meßsignale erforderlich, besonders auch bei sich im Betrieb erheblich ändernden Umgebungs-, Spann- und/oder Betriebsbedingungen. Wie bereits in den erwähnten US-A 5610342, der US-A 60 47 457, der US-A 61 68 069, der US-B 65 19 828, der US-B 65 98 281, der US-A 66 98 644, der US-B 67 69 163, der WO-A 03/048693 oder der WO-A 05/050144 eingehend diskutiert, ist dabei im besonderen auch der mechanischen Festigkeit, insb. der Wechselfestigkeit, eine erhebliche Bedeutung beizumessen, mit der das wenigstens eine Meßrohr am wenigstens einen Trägerelement fixiert ist. Abgesehen davon, daß davon die Betriebssicherheit des gesamten Meßgeräts abhängig können bereits geringste Abweichung der Festigkeit dieser Verbindung von der beim Kalibrieren vorgefundenen Situation zu dem auch erhebliche, nicht mehr beherrschbare Schwankungen des Nullpunkts und somit praktisch unbrauchbare Meßsignale zur Folge haben. Üblicherweise können solche, auf Entfestigungen im Meßaufnehmer zurückzuführenden Nullpunktfehler zufrie-

denstellend lediglich durch Einbau eines neuen In-Line-Meßgeräts behoben werden.

[0012] Einen erheblichen Einfluß auf die Meßgenauigkeit im allgemeinen und die Stabilität des Nullpunkts im besonderen hat, wie auch bereits in der US-A 56 10 342, der US-A 60 47 457, der US-B 61 68 069, der US-A 65 98 281, der US-B 66 34 241 oder auch der WO-A 03/048693 ausführlich diskutiert, die für die Befestigung des Meßrohrs innerhalb des äußeren Trägerelements und dem ggf. vorhandenen Gegenschwinger angewandte Fügtechnik. Traditionell werden die Meßrohre und Trägerelement zumindest anteilig aneinander stoffschlüssig durch Löt- und/oder Schweißverbindungen fixiert. So ist beispielsweise bereits in der US-A 48 23 614 beschrieben, daß die jeweilige Ende des einen Meßrohrs in eine jeweilige Bohrung eines einlaßseitigen bzw. eines auslaßseitigen Endstücks des Trägerelements eingesteckt und darin durch stirnseitiges und/oder rückseitiges Schweißen, Löten oder Hartlöten fixiert sind, vgl. die in einigen der Figuren zu sehenden Materialwülste. Die Endstücke sind ihrerseits in einem Mantelrohr des äußeren Trägerelements fixiert. Weitere Beispiele für solche stoffschlüssigen Verbindungen von Meßrohr und Trägerelement sind u.a. auch in der US-B 61 68 069, der US-B 63 52 196, der US-B 65 19 828, der US-B 65 23 421, der US-B 65 98 281, der US-B 66 98 644 oder der US-B 67 69 163 gezeigt.

[0013] Wie in der US-A 56 10 342 beschrieben, hinterläßt die während des erwähnten Schweißens, Lötens oder Hartlöten nötige Wärmezufuhr an den Fixierstellen der Meßrohre mit den Endstücken nach dem Abkühlen einen mechanischen Spannungszustand, der zu Spannungsriß-Korrosion führen kann, die die Fügstelle und/oder das Meßrohr-Material mehr oder weniger schwächen können. Als ein weiteres Problem solcher stoffschlüssigen Schweiß- oder Lötverbindungen sind in der US-B 65 19 828 oder der US-B 65 98 281 auch materialverschleißende Schwingungsreibungen im Bereich der Fügstellen genannt. Darüber hinaus können sich, wie auch der US-A 60 47 457, der US-B 61 68 069, der US-B 63 52 196, der US-B 65 98 281, der US-B 66 34 241, der US-B 65 23 421 oder der US-B 66 98 644 entnehmbar, im besonderen bei der Verwendung von unterschiedlichen Metallen für Trägerelement und Meßrohr, beispielsweise Stahl und Titan, Probleme hinsichtlich der Dauerfestigkeit der dann verwendeten Lotverbindungen auftreten, die sich u.a. auf unzureichende Benetzung und/oder in radialer Richtung wechselnde mechanische Beanspruchungen der Fügstellen zurückführen lassen. Infolgedessen ist oftmals eine Verringerung der nominellen Auszugsfestigkeit des Meßrohrs aus dem Trägerelement zu verzeichnen. Des weiteren sind an wärmebehandelten Meßrohren durchaus auch tiefgehende Veränderungen des Material selbst zu verzeichnen, sei es nun hinsichtlich der Gefügestruktur oder der chemischen

Zusammensetzung. Damit einhergehend ist mit erheblichen Veränderungen der für die Schwingungseigenschaften wie auch für die Bauteilfestigkeit des Meßaufnehmers relevanten Materialparameter, wie z.B. des Elastizitätsmoduls, der Bruchfestigkeit, der Duktilität etc. zu rechnen. Dies kann im besonderen die Verwendungsmöglichkeiten von Meßaufnehmern der beschriebenen Art in Anwendungsbereichen mit extrem hohen oder tiefen Mediumstemperaturen und/oder erheblichen Temperaturschwankungen wie auch in Anwendungsbereichen mit extrem hohen Mediumsdrücken von weit über 500 bar erheblich beeinträchtigen.

[0014] Zur Verbesserung der Dauerfestigkeit von Meßaufnehmern der beschriebenen Art wurde in der bereits erwähnten US-A 56 10 342 wie auch der WO-A 03/048693 jeweils ein Fixier-Verfahren für Meßrohre in Endstücken des Trägerelement vorgeschlagen, bei dem jedes Ende des Meßrohrs in eine entsprechende Bohrung eines einlaßseitigen bzw. eines auslaßseitigen Endstücks eingesteckt und mittels eines in das Ende eingebrachten Walz-Werkzeugs mit der Innenwand der Bohrung, insb. ohne Wärmezufuhr, verpreßt werden, wodurch eine hochfeste Reibschlußverbindung zwischen dem ersten und dem zweiten Bauteil gebildet wird. Ein für dieses Verfahren entsprechend geeignetes Walz-Werkzeug ist beispielsweise auch in der US-A 40 90 382 im Rahmen eines Verfahrens zum Fertigen von Boilern oder Wärmetauschern beschrieben.

[0015] Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung solcher mittels hochfester Reibschluß gebildeten Verbindungen zwischen Meßrohr und Trägerelement besteht, wie z.B. auch in der US-A 60 47 457 vorgeschlagen, darin, daß das Endstück, nach dem es auf das Meßrohr aufgeschoben bzw. aufgesteckt worden ist, mittels eines Preß-Werkzeuges von außen zusammendrückt und dabei unterhalb einer Rekristallisationstemperatur des Endstück-Materials, insb. bei Raumtemperatur, gemischt plastisch-elastisch verformt wird. Die dafür aufgewendeten Verformungskräfte sind dabei jeweils so ausgebildet, daß das Meßrohr im wesentlichen keine Querschnittsverjüngungen und/oder -verengungen erfährt, so daß ein initialer Innen-Durchmesser des Meßrohrs auch nach dem Fixieren praktisch durchgängig unverändert erhalten bleibt. Eine für das Verpressen entsprechend geeignete Vorrichtung ist beispielsweise in der US-A 37 45 633 gezeigt. Alternativ oder in Ergänzung zum plastisch-elastischen Verpressen kann ein solches mittels Reibschluß gebildeter Verbund beispielsweise auch dadurch hergestellt werden, daß, wie z.B. in der US-B 65 98 281 oder der US-B 65 19 828 gezeigt, ein entsprechender Metallkörper – sei es nun vorgeanntes Endstück oder eine auf dem Meßrohr platzierte Metallhülse etc. – auf das Meßrohr thermisch aufgeschumpft oder, wie auch in der WO-A 05/050144 gezeigt, das Endstück unter Zwischenla-

ge elastisch verformbarer Klemmelemente mit dem Meßrohr verspannt wird.

[0016] Weiterführend ist in der US-B 65 98 281 oder der US-B 65 19 828 diskutiert worden, daß auch bei rein reibschlüssigen Preßverbindungen aufgrund von Schwingungsreibung ein allfälliges Entfestigen des Verbund-Systems nicht immer sicher vermieden werden kann. Überdies können solchen Schwingungsreibungen die Materialien des Verbund-Systems im Bereich der einander kontaktierenden Oberflächen korrodieren lassen. Des weiteren können, wie der WO-A 03/048693 entnehmbar, die üblicherweise unterschiedlichen Ausdehnungsverhalten der erwähnten Endstücke und der darin jeweils eingespannten Rohrsegmente des Meßrohrs dazu führen, daß die durch das Endstück auf das Meßrohr ausgeübten Einspannkräfte bei Temperaturschwankungen, insb. bei allfälligen Temperaturschocks wie sie z.B. bei turnusmäßig durchgeführten Reinigungsmaßnahmen mit extrem heißen Spül-Flüssigkeiten auftreten können, unter einen kritischen Wert sinken können. Dies wiederum kann bedeuten, daß das Endstück und das Meßrohr aufgrund von thermisch bedingten Ausdehnungen stellenweise den durch das Walzen, Pressen oder Aufschumpfen herbeigeführten mechanischen Kontakt verlieren und somit die Preßverbindung in unzulässigem Maße entfestigt werden können. Infolgedessen können wiederum die Auszugsfestigkeit des Meßrohrs aus dem jeweiligen Endstück sinken und insoweit auch mit derartigen Preßverbänden die geforderte hohe Nullpunktstabilität des Meßaufnehmers nicht ohne weiteres sichergestellt werden. Zur Behebung der durch Schwingungsreibung zwischen Meßrohr und jeweiligem Endstück verursachten Mängel in Meßaufnehmern der beschriebenen Art wird in der US-B 65 98 281 bzw. der US-B 65 19 828 vorgeschlagen, die zugehörigen Bauteile nach dem Herstellen des Preßverbandes, insb. unter Verwendung eines als Zwischenlage dienenden Füllmaterials, zusätzlich miteinander zu verschweißen, was allerdings ggf. die oben erwähnten, mit Schweißverbindungen einhergehenden Probleme erneut aufwerfen kann. Demgegenüber wird in der WO-A 03/048693 vorgeschlagen, eine erhöhte Verdreh-Festigkeit von Meßrohr und Endstück dadurch zu erreichen, daß eine in Richtung der Längsachse des Verbund-System verlaufende Nut in die Innenwand des Endstücks eingeformt ist, die unter Bildung eines in einer Umfangsrichtung wirkenden Formschlusses ein Verdrehen des Meßrohrs gegenüber dem Endstück wirksam verhindern kann. Allerdings kann auch diese Verbindung, insb. bei Anwendung in einem Meßaufnehmer mit zumindest zeitweise Biegeschwingungen ausführendem Meßrohr, eine Verringerung der nominellen Auszugsfestigkeit erfahren, sei es durch Schwingungsreibung und/oder durch thermisch bedingtes Dehnen.

[0017] Neben der Stabilität des Nullpunktes hat

nicht zuletzt auch die Empfindlichkeit des Meßaufnehmers einen erheblichen Einfluß auf die Genauigkeit mit der die jeweilige Prozeß-Meßgröße gemessen wird. Trotzdem davon auszugehen ist, daß Meßgerät-Elektroniken von In-Line-Meßgeräten der beschriebenen Art immer leistungsfähiger und insoweit immer präziser werden, ist in diesem Zusammenhang aber nach wie vor auch der mechanischen Empfindlichkeit des Meßaufnehmers eine immense Bedeutung für die Meßgenauigkeit bei zu messen. Die mechanische Empfindlichkeit wiederum hängt neben der Länge des Meßrohrs sehr stark auch vom Verhältnis des Innen-Durchmessers des Meßrohrs zu dessen Wandstärke ab. Allerdings kann umgekehrt das Material des Meßrohrs bei im Hinblick auf den Betriebsdruck zu geringer Wandstärke lokal bis über die Fließgrenze beansprucht werden, was wiederum eine Herabsetzung der Bruchfestigkeit des Meßrohrs insgesamt bedingen würde.

[0018] Bei der Dimensionierung von Meßaufnehmern der beschriebenen Art ergibt sich insoweit ein Konflikt dahingehend, daß einerseits eine hohe Festigkeit für das Meßrohr sicherzustellen und somit je nach verwendetem Material eine entsprechend große Wandstärke für das Meßrohr zu wählen ist. Andererseits ist jedoch die Wandstärke aufgrund der erforderlichen hohen Meßempfindlichkeit möglichst gering zu halten. Dies führt im Ergebnis dazu, daß Meßaufnehmer der beschriebenen Art bislang überwiegend für Anwendungen mit niedrigen oder mittleren Betriebsdrücken bis etwa 400 bar oder darunter angeboten werden können. Meßaufnehmer für Anwendungen mit hohen Betriebsdrücken von weit über 500 bar, wie sie beispielsweise in Anwendungen mit komprimiertem Wasserstoff oder anderen hochkomprimierten Gasen vorzufinden sind, können bislang allenfalls mit nur sehr geringen nominellen Nennweiten von weniger als 10 mm kommerzielle angeboten werden und sind zudem extrem teuer.

[0019] Ausgehend von den vorbeschriebenen Nachteilen besteht eine Aufgabe der Erfindung darin, Meßaufnehmer der beschriebenen Art dahingehend zu verbessern, daß deren jeweilige Dauerfestigkeit, insb. auch trotz hoher Mediumsdrücke, erhöht werden kann, und zwar unter Beibehaltung einer nach wie vor möglichst hohen Empfindlichkeit gegenüber den primären Meßgrößen, etwa dem Massendurchfluß, der Dichte und/oder der Viskosität. Darüber hinaus ist es eine Aufgabe der Erfindung, die Konstruktion solcher Meßaufnehmer dahingehend zu verbessern, daß diese trotz hoher Druck- und Vibrationsfestigkeit nach wie vor möglichst kompakte Einbaumaße aufweisen können. Zu dem soll der Meßaufnehmer möglichst einfach und kostengünstig zu fertigen und möglichst auch für Nennweitenbereiche von 10 mm oder darüber einsetzbar sein.

[0020] Zur Lösung der Aufgaben besteht die Erfin-

derung in einem Meßaufnehmer vom Vibrationstyp, insb. Coriolis-Massendurchfluß-Meßaufnehmer, für ein dem Messen eines in einer Leitung strömenden Mediums dienendes In-Line-Meßgerät. Der Meßaufnehmer umfaßt wenigstens ein mit der Leitung kommunizierendes, insb. metallisches, Meßrohr zum Führen des Mediums, sowie ein das wenigstens eine Meßrohr schwingfähig halterndes Trägerelement.

[0021] In einer ersten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß das Trägerelement wenigstens einen darin eingebrachten ersten Durchlaßkanal und einen darin eingebrachten zweiten Durchlaßkanal aufweist, über die das wenigstens eine Meßrohr mit der Leitung kommuniziert, und daß das wenigstens eine Meßrohr an zumindest einem ersten Ende mittels einer ersten Rohrverschraubung im Bereich des ersten Durchlaßkanals am Trägerelement, insb. wieder lösbar, fixiert ist.

[0022] Alternativ oder in Ergänzung zur ersten Variante ist in einer zweiten Variante der Erfindung vorgesehen, daß das wenigstens eine Meßrohr zumindest anteilig aus kalt verfestigtem, beispielsweise kalt gestrecktem oder autofrettiertem, Material besteht.

[0023] Alternativ zur ersten und zweiten Variante oder in Ergänzung zur ersten und/oder zweiten Variante der Erfindung ist in einer dritten Variante der Erfindung vorgesehen, daß der Meßaufnehmer wenigstens zwei mit der Leitung kommunizierende Meßrohre zum Führen des Mediums umfaßt, von denen jedes am Trägerelement entsprechend schwingfähig gehalten ist. Die beiden Meßrohre sind hierbei an ein einlaßseitiges Verteilerelement und an ein auslaßseitiges Verteilerelement angeschlossen. Wenigstens eines der beiden im Betrieb mit der angeschlossenen Rohrleitung kommunizierenden Verteilerelemente ist als integraler Bestandteil des Trägerelements ausgebildet, so daß das Trägerelement zumindest im Bereich dieses wenigstens einen Verteilerelements frei von Fügstellen, insb. frei von Löt- oder Schweißverbindungen, gehalten ist.

[0024] Nach einer ersten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Meßaufnehmer wenigstens ein Meßrohr, insb. U-förmig oder V-förmig, gebogenes Meßrohr umfaßt.

[0025] Nach einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Meßaufnehmer zwei im wesentlichen baugleiche, insb. zueinander im wesentlichen parallel verlaufende, Meßrohre umfaßt.

[0026] Nach einer dritten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Trägerelement als ein, insb. massives und/oder monolithisches, metallisches Bauteil ausgebildet ist.

[0027] Nach einer vierten Ausgestaltung der ersten

Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß zumindest der erste Durchlaßkanal ein Innengewinde für die erste Rohrverschraubung aufweist.

[0028] Nach einer fünften Ausgestaltung der ersten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß das erste Ende des Meßrohrs im wesentlichen konusförmig und/oder sich nach außen hin verjüngend ausgebildet ist.

[0029] Nach einer sechsten Ausgestaltung der ersten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß das, insb. als Innenkonus ausgebildete, erste Ende des Meßrohrs von einem Dichtsitz der ersten Rohrverschraubung aufgenommen ist. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen der Dichtsitz der ersten Rohrverschraubung eine Dichtfläche aufweist, die eine dazu im wesentlichen komplementäre, im Bereich des ersten Endes des Meßrohrs vorgesehene erste Dichtfläche des Meßrohrs zumindest abschnittsweise kontaktiert. Dabei können die, insb. konisch ausgebildete, erste Dichtfläche des Meßrohrs zumindest anteilig konvex und/oder die, insb. konisch ausgebildete, Dichtfläche des Dichtsitzes der ersten Rohrverschraubung zumindest anteilig konkav geformt sein. Zu dem kann es bei dieser Weiterbildung der Erfindung von Vorteil sein, wenn die, insb. konisch ausgebildete, Dichtfläche des Dichtsitzes der ersten Rohrverschraubung einen Flankenwinkel aufweist, der von einem komplementären Flankenwinkel der, insb. konisch ausgebildeten, Dichtfläche des ersten Ende des Meßrohrs verschieden ist, insb. wenn der Flankenwinkel der Dichtfläche des Dichtsitzes kleiner ist als der Flankenwinkel der Dichtfläche des ersten Endes des Meßrohrs. Gemäß einer anderen Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß der Dichtsitz von einem Anschlußelement bereitgestellt ist, das im Bereich des ersten Durchlaßkanals mit dem Trägerelement, insb. wieder lösbar, verbunden ist. Das Anschlußelement kann beispielsweise in den ersten Durchlaßkanal eingeschraubt oder aber auch in im Bereich des ersten Durchlaßkanals das Trägerelement direkt eingeformt und insoweit als integraler Bestandteil desselben ausgebildet sein.

[0030] Nach einer siebenten Ausgestaltung der ersten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß die erste Rohrverschraubung wenigstens einen im Bereich des ersten Endes des Meßrohrs an diesem fixierten, insb. aufgeschraubten und/oder metallischen, Druckring umfaßt. Nach einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das Meßrohr mittels einer gegen den Druckring wirkenden Schraubhülse am Dichtsitz der ersten Rohrverschraubung, insb. wieder lösbar, fixiert ist.

[0031] Nach einer achten Ausgestaltung der ersten

Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß die erste Rohrverschraubung als Schneidringverbindung ausgebildet ist. Gemäß einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die zumindest eine Rohrverschraubung wenigstens einen das Meßrohr kontaktierenden, insb. metallischen, Schneidring. Gemäß einer anderen Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das Meßrohr mittels einer gegen den Schneidring wirkenden Schraubhülse am Dichtsitz, insb. wieder lösbar, fixiert ist.

[0032] Nach einer neunten Ausgestaltung der ersten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß die erste Rohrverschraubung als Klemmringverbindung ausgebildet ist. Gemäß einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die zumindest eine Rohrverschraubung wenigstens einen das Meßrohr kontaktierenden, insb. metallischen, Klemmring aufweist. Gemäß einer anderen Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das Meßrohr mittels einer gegen den Klemmring wirkenden Schraubhülse am Dichtsitz, insb. wieder lösbar, fixiert ist.

[0033] Nach einer zehnten Ausgestaltung der ersten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß das wenigstens eine Meßrohr an einem zweiten, insb. auslaßseitigen, Ende mittels einer zweiten Rohrverschraubung im Bereich des zweiten Durchlaßkanals am Trägerelement, insb. wieder lösbar, fixiert ist.

[0034] Nach einer vierten Ausgestaltung der zweiten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß das Trägerelement als ein, insb. massives und/oder monolithisches, metallisches Bauteil mit darin eingebrachten Durchlaßkanälen ausgebildet ist, über die das wenigstens eine Meßrohr mit der Leitung kommuniziert.

[0035] Nach einer vierten Ausgestaltung der dritten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß das Trägerelement ein, insb. massives und/oder monolithisches, metallisches Bauteil mit darin eingebrachten, die Verteilerelemente entsprechend bildenden Durchlaßkanälen ist, an die die wenigstens zwei Meßrohre angeschlossen sind.

[0036] Nach einer fünften Ausgestaltung der dritten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß jedes der beiden Meßrohre mittels, insb. hochdruckfester, Rohrverschraubungen, insb. wieder lösbar, mit dem Trägerelement verbunden ist. Gemäß einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung der Erfindung ist wenigstens eine der Rohrverschraubungen als Schraub-, Klemm- oder Schneidringverschraubung ausgebildet.

[0037] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist der Meßaufnehmer für die Verwendung in einem dem

Messen und/oder Überwachen wenigstens eines Parameters, beispielsweise einem Massendurchfluß, einer Dichte, einer Viskosität etc., eines in der Rohrleitung strömenden Mediums dienenden In-Line-Meßgerät vorgesehen. Im besonderen ist dabei vorgesehen, den Meßaufnehmer und insoweit auch das damit gebildete In-line-Meßgerät zum Messen eines in einer Rohrleitung strömenden Mediums zu verwenden, das mit einem Druck von mehr als 500 bar, insb. von über 700 bar, auf das Meßrohr wirkt.

[0038] Ein Grundgedanke der Erfindung ist es, die Fixierung von Meßrohren eines Meßaufnehmers vom Vibrationstyp im Trägerelement mittels möglichst weitgehend vibrationsfesten Rohrverschraubungen vorzunehmen. Durch die Verwendung von Rohrverschraubungen, welche zu dem auch weitgehend hochdruckfest ausgebildet sind, einhergehend mit der Verwendung auch ausreichend druckfester Meßrohre, können somit auf vergleichsweise einfachem Wege gleichermaßen druckfeste Meßaufnehmer der in Rede stehenden Art geschaffen werden. Ein weiterer Grundgedanke der Erfindung besteht darin, die Empfindlichkeit solcher Meßaufnehmer dadurch weiter zu verbessern, daß besonders hochfeste Materialien für das jeweilige Meßrohr verwendet werden, wie etwa hochfeste Edelstahl-Legierungen und/oder durch Autofrettage zusätzlich verfestigte Metalle. Dem wiederum kommt die Verwendung von Rohrverschraubungen besonders entgegen, da somit auf Löt- oder Schweißverbindungen zum Zwecke der Fixierung des jeweiligen Meßrohrs am Trägerelement durchaus verzichtet werden kann. Infolge dessen können das Meßrohr wieder entfestigende Überhitzungen von dessen Material bei der Fertigung des Meßaufnehmers ohne weiteres vermieden werden. Um den Aufbau und somit auch die Fertigung von Meßaufnehmern der beschriebenen Art weiter zu vereinfachen, ist ferner vorgesehen, das mittels eines balken- oder blockförmigen Bauteils herzustellen, in das lediglich endseitig entsprechende Durchgangskanäle für die strömungstechnische Anbindung des Meßrohrs an die Rohrleitung vorgesehen sind, wobei die Durchgangskanäle selbst wie auch allenfalls erforderliche Verteilerelemente beispielsweise mittels entsprechender Sacklochbohrungen sehr einfach hergestellt werden können.

[0039] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Meßaufnehmers ist u.a. darin zu sehen, daß er einerseits sehr einfach aufgebaut ist und daß andererseits zu dessen Fertigung weitgehend auf handelsübliche und insoweit standardisierte, ggf. sogar für Anwendungen mit hohen Betriebsdrücken zugelassene oder zertifizierte, Einzelkomponenten zurückgegriffen werden kann.

[0040] Die Erfindung sowie vorteilhafte Ausgestaltungen werden nun anhand von Figuren der Zeichnung näher erläutert, wobei

[0041] [Fig. 1](#) perspektivisch ein In-Line-Meßgerät zum Messen eines in einer angeschlossenen Leitung strömenden Mediums zeigt,

[0042] [Fig. 2a](#), [Fig. 3a](#) und [Fig. 4a](#) Ausführungsbeispiele eines für ein In-Line-Meßgerät gemäß [Fig. 1](#) geeigneten Meßaufnehmers vom Vibrationstyp in jeweils einer ersten Seitenansichten zeigen,

[0043] [Fig. 2b](#), [Fig. 3b](#) und [Fig. 4b](#) mit den Ausführungsbeispielen in [Fig. 2a](#), [Fig. 3a](#), [Fig. 4a](#) entsprechend korrespondierende zweite Seitenansichten Meßaufnehmers des zeigen, und

[0044] [Fig. 5](#) im Schnitt ein für einen Meßaufnehmer gemäß den [Fig. 2](#) bis [7](#) geeignetes Trägerelement mit darin eingebrachten Durchlaßkanälen für zu messendes Medium zeigt.

[0045] In der [Fig. 1](#) ist ein in eine Rohrleitung, beispielsweise eine Prozeßleitung einer industriellen Anlage, einfügbares, beispielsweise als Coriolis-Massendurchflußmeßgerät, Dichtemeßgerät, Viskositätsmeßgerät oder dergleichen ausgebildetes, In-Line-Meßgerät dargestellt, das dem Messen und/oder Überwachen wenigstens eines Parameters, beispielsweise einem Massendurchfluß, einer Dichte, einer Viskosität etc., eines in der Rohrleitung strömenden Mediums dient. Das In-Line-Meßgerät umfaßt dafür eine entsprechende, in einem Elektronik-Gehäuse **200** untergebrachte – hier nicht weiter dargestellte – Meßgerät-Elektronik sowie einen mit dieser elektrisch verbundenen Meßaufnehmer **1** vom Vibrationstyp, welcher Meßaufnehmer im Betrieb entsprechend vom zu messenden Medium durchströmt ist. Der Meßaufnehmer **1** dient dazu, in einem hindurchströmenden Medium mechanische Reaktionskräfte, z.B. massedurchflußabhängige Coriolis-Kräfte, dichteabhängige Trägheitskräfte und/oder viskositätsabhängige Reibungskräfte, zu erzeugen, die meßbar, insb. sensorisch erfaßbar, auf den Meßwandler zurückwirken. Abgeleitet von diesen Reaktionskräften können so mittels der entsprechend konfigurierten Meßgerät-Elektronik in der dem Fachmann bekannten Weise z.B. ein Massedurchfluß m , eine Dichte ρ und/oder eine Viskosität η des Mediums gemessen werden. Der Meßaufnehmer ist dafür im Benutzungsfall in den Verlauf einer zumindest zeitweise von einem zu messenden, insb. unter hohen Druck von über 500 bar gehaltenen, Medium durchströmten Rohrleitung einzufügen und an diese vor der Inbetriebnahme entsprechend anzuschließen. Im besonderen ist der Meßaufnehmer und insoweit das In-Line-Meßgerät dafür vorgesehen, Medien mit Drücken von 700 bar oder darüber zu messen, wie sie beispielsweise bei Anwendungen mit komprimiertem Wasserstoff auftreten können.

[0046] In den [Fig. 2a](#), [b](#), [Fig. 3a](#), [b](#) sowie [Fig. 4a](#), [b](#) sind nachfolgend näher erläuterte Ausführungsbei-

spiele für den erfindungsgemäßen Meßaufnehmer schematisch dargestellt, wobei hierbei lediglich die für die Erläuterung der Erfindung unbedingt notwendigen Komponenten gezeigt sind. Zur vollen Funktion des Meßaufnehmers gegebenenfalls erforderliche weitere Komponenten können aus Übersichtlichkeitsgründen weggelassen sein. Dies im besonderen auch deshalb, weil der Aufbau, die Funktionsweise wie auch die Anwendungsgebiete solcher Meßaufnehmer dem Fachmann an und für sich bekannt sind; insoweit wird u.a. auf die eingangs bereits erwähnten Dokumente des Standes der Technik verwiesen.

[0047] Zum Führen des zu messenden Mediums umfaßt der Meßaufnehmer **1** wenigstens ein mit der angeschlossenen Rohrleitung kommunizierendes, insb. metallisches, Meßrohr **11**, das im Betrieb zumindest zeitweise von zu messendem Medium durchströmt ist. Das wenigstens eine Meßrohr **11** kann, wie bei derartigen Meßaufnehmern üblich, in einer Rohrebene einfach, z.B. U-förmig oder V-förmig, gekrümmt sein; falls, erforderlich, kann es aber auch nur sehr wenig gebogen oder im wesentlichen gerade sein. Ferner ist es auch möglich ein zwei- oder mehrfach gewundenes, z.B. helixförmiges, Meßrohr für den Meßaufnehmer zu verwenden. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das wenigstens eine Meßrohr **11** einen Innen-Durchmesser DN von zumindest 2 mm, insb. von größer 5 mm, aufweist. Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das wenigstens eine Meßrohr eine Meßrohr-Wandstärke s von höchstens 5 mm, insb. von weniger als 3 mm, aufweist. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist das wenigstens eine Meßrohr **11** so ausgebildet das ein Verhältnis DN/s des Innen-Durchmessers des Meßrohrs zu dessen Meßrohr-Wandstärke s wenigstens 3,5 beträgt, insb. aber größer als 5 ist. Um dabei einen nach wie vor ausreichend hohe Druckfestigkeit, von beispielsweise 700 bar oder darüber, gewährleisten zu können, besteht das wenigstens eine Meßrohr nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung aus rostfreiem Edelstahl von erhöhter Festigkeit. Als Material kann hierbei beispielsweise ein Duplex-Stahl, insb. UNS S31803 (ASTM A240) oder EN 1.4462 (DIN EN 10088-2), ein Superduplex-Stahl, insb. UNS S32750 (ASTM A240), UNS S32760 (ASTM A240), UNS S32520 (ASTM A240), UNS S32550 (ASTM A240), EN 1.4501 (DIN EN 10088-2) oder EN 1.4507 (DIN EN 10088-2), oder ein anderer Chrom-Nickel-Mangan-Molybdän-Stahl, insb. UNS S31675 (ASTM F1586), oder dergleichen dienen

[0048] Das wenigstens eine Meßrohr **11** ist mittels eines im Vergleich dazu eher starren, insb. metallischen, Trägerelements **20** schwingfähig gehalten. Dafür ist das Meßrohr **11** zumindest an einem ersten und an einem zweiten Ende am Trägerelement **20** fixiert. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist

das Trägerelement **20** dabei als ein massives, insb. monolithisches und/oder blockförmiges, Bauteil ausgebildet. Als Trägerelement **20** kann z.B. ein Profilstab oder auch eine Platte von geeignetem beispielsweise drei-, vier- oder mehreckigem, elliptischem oder kreisrundem, Querschnitt und geeignetem Material, beispielsweise Stahl oder dergleichen, dienen. In den hier gezeigten Ausführungsbeispielen ist das Trägerelement **20** als ein aus Vollmaterial bestehendes, im wesentlichen balkenförmig ausgebildetes Prisma mit rechteckigem Querschnitt ausgebildet. Um ein möglichst robustes und mechanisch stabiles Trägerelement bereitzustellen ist dessen Masse gemäß einer anderen Ausgestaltung so gewählt, daß mindestens zehnmal größer ist als die Masse des wenigstens einen Meßrohrs **11**. Als Material für das Trägerelement **20** kann beispielsweise Schwarzstahl oder auch Edelstahl dienen.

[0049] Zum Bilden eine durchgehenden Strömungspfad zwischen dem wenigstens einen Meßrohr **11** und der im Betrieb angeschlossenen Leitung weist das Trägerelement **20** ferner wenigstens einen darin eingebrachten einlaßseitigen ersten Durchlaßkanal **21** sowie einen auslaßseitigen zweiten Durchlaßkanal **22** auf, über die das wenigstens eine Meßrohr **11** im Betrieb mit dem einlaßseitig und auslaßseitig jeweils angeschlossenen Rohrleitungsabschnitt kommuniziert. Für den hier gezeigten Fall, daß das Trägerelement **20** aus Vollmaterial besteht können die darin jeweils vorgesehenen Durchlaßkanäle jeweils mittels miteinander entsprechend kommunizierenden, gegebenenfalls zueinander schräg verlaufenden, Sacklochbohrungen in einfacher Weise realisiert sein. Für den oftmals gewünschten Fall, daß der Meßaufnehmer **1** lösbar mit der Rohrleitung zu montieren sein soll, ist einlaßseitig und auslaßseitig am Trägerelement **20** jeweils ein der tatsächlichen Einbausituation entsprechend angepaßtes Verbindungselement **31** bzw. **32** vorgesehen. Bei dem jeweiligen Verbindungselement kann es sich beispielsweise um einen Flansch, einen Triclamp[®]-Anschluß oder aber auch um einen Teil einer, insb. auch hochdruckfesten, Rohrverschraubung handeln. Falls erforderlich, können aber auch andere, dem Fachmann bekannte mediumsichte wie auch vibrationsfeste Rohrverbinder als Verbindungselement verwendet werden. Das jeweilige Verbindungselement **31**, **32** selbst kann am Trägerelement **20** beispielsweise dadurch fixiert sein, daß es mit diesem verschweißt und/oder, wie in den Figuren schematisch dargestellt, verschraubt ist.

[0050] Wie aus der Zusammenschau der Figuren zudem ohne weiteres ersichtlich, umfaßt der Meßwandler ferner eine das wenigstens eine Meßrohr **11** mediumsicht einhausende und von diesem beabstandet am Trägerelement fixierte, insb. ebenfalls metallische, Meßrohr-Gehäusekappe **100**. Die Meßrohr-Gehäusekappe **100** kann beispielsweise mit

dem Trägerelement **20** verschweißt, verlötet und/oder verschraubt sein. Wie in der [Fig. 1](#) ferner dargestellt, kann die Meßrohr-Gehäusekappe **100** gegebenenfalls mit einer den Meßaufnehmer vor darin allfällig aufgebauten Überdruck schützenden Druckausgleichsöffnung **101** versehen sein. Diese kann beispielsweise mittels einer Berstscheibe oder mittels eines Überdruckventils ausreichend dicht verschlossen sein.

[0051] Zum Erzeugen von mit der physikalischen Meßgröße – beispielsweise dem Massedurchfluß, der Dichte und/oder der Viskosität des zu messenden Mediums – korrespondierenden und insoweit das Medium beschreibenden Reaktionskräften – beispielsweise mit dem Massedurchfluß korrelierten Corioliskräften, mit der Dichte korrelierten Trägheitskräften und/oder mit der Viskosität korrelierten Reibungskräften etc. – wird das wenigstens eine Meßrohr im Betrieb zumindest zeitweise in für die Messung geeigneter Weise vibrieren gelassen. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, das wenigstens eine Meßrohr **11** im Betrieb zumindest anteilig zu Biegeschwingungen anzuregen, deren Schwingungsfrequenz möglichst gleich einer momentanen mechanischen Eigenfrequenz des Meßrohrs **11** mit darin geführtem Medium ist. Zum Antreiben des wenigstens eine Meßrohrs **11** ist ferner ein darauf einwirkendes elektro-mechanisches Schwingungserreger **16** vorgesehen, der im Betrieb von der vorgenannten Meßgerät-Elektronik des In-Line-Meßgeräts entsprechend gespeist ist. Zum Erfassen von Vibrationen des Meßrohrs und zum Erzeugen von mit diesen korrespondierenden Vibrationssignalen können in der dem Fachmann bekannten Weise entsprechende Schwingungssensoren **17**, **18** am Meßrohr **11** und/oder in dessen angebracht sein, die mit der erwähnten Meßgerät-Elektronik in geeigneter Weise verbunden sind. Als Schwingungssensoren können die für diesen Zweck im Stand der Technik beschriebenen verschiedenen Arten von Sensoren dienen, wie z.B. elektrodynamisch oder optisch arbeitende Weg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssensoren. Bei den hier gezeigten Ausführungsbeispielen dienen die Meßaufnehmer der beschriebenen art üblich, jeweils ein einlaßseitiger erster und ein auslaßseitiger zweiter Schwingungssensor **17**, **18** für einlaß- bzw. die auslaßseitigen Schwingungsbewegungen des wenigstens einen Meßrohrs vorgesehen. Jeder der beiden Schwingungssensoren **17**, **18** ist dabei jeweils etwa im gleichen Abstand zwischen dessen Mitte und dem einlaß- bzw. dem auslaßseitigen Ende des Meßrohrs **11** angeordnet.

[0052] Wie beispielsweise aus der Zusammenschau von [Fig. 1](#), [Fig. 2a](#), [b](#) und [5](#) ohne weiteres ersichtlich, ist im Trägerelement **20** ferner eine entsprechende Durchführungsöffnung **201** für dem Verbinden des Schwingungserregers **16** wie auch der

Schwingungssensoren **17**, **18** mit der Meßgerät-Elektronik dienende Verbindungsleitungen vorgesehen. Die Durchführungsöffnung **201** kann gegebenenfalls nach dem Verlegen der Verbindungsleitung entsprechend dicht verschlossen werden, beispielsweise mittels Vergußmasse und/oder Glas bzw. Keramik. Das der Unterbringung der Meßgerät-Elektronik dienende Elektronik-Gehäuse **200** kann, wie auch in [Fig. 1](#) gezeigt, auf der dem wenigstens einen Meßrohr abgewandten Seite am Trägerelement **20**, beispielsweise über ein zwischenliegendes Halsstück **202**, fixiert sein, so daß das In-Line-Meßgerät als ein Kompaktgerät ausgebildet werden kann. Das Elektronik-Gehäuse kann aber beispielsweise auch in einfacher Weise mittels einer Elektronik-Gehäusekappe gebildet sein, die auf der Meßrohr abgewandten Seite direkt am Trägerelement **20** entsprechend fixiert, beispielsweise angeschweißt oder angeschraubt, ist.

[0053] Bei den hier gezeigten Meßaufnehmern **10** ist jeweils eine Doppelrohranordnung vorgesehen, die mittels eines als erstes Meßrohr dienenden ersten Aufnehmerrohres **11** und mittels eines, insb. zum ersten Aufnehmerrohr **11** im wesentlichen baugleichen und/oder parallele verlaufenden, als zweites Meßrohr dienenden zweiten Aufnehmerrohr **12** gebildet ist. Jedes der beiden, insb. im wesentlichen identisch geformten, Meßrohre **11**, **12** der Doppelrohranordnung ist jeweils in der vorbeschriebenen Weise ein- und auslaßseitig entsprechend am Trägerelement **20**, das in den hier gezeigten Ausführungsbeispielen als ein aus Vollmaterial bestehendes, im wesentlichen block- oder balkenförmiges Bauteil mit rechteckigem Querschnitt ausgebildet ist, strömungsleitend und schwingfähig fixiert. Das Trägerelement **20** weist hierfür entsprechend mehrere darin eingebrachte Durchlaßkanäle **21**, **22**, **23**, **24** auf, an die die wenigstens zwei Meßrohre **11**, **12**, insb. in gleicher Weise, jeweils angeschlossen sind.

[0054] Damit die beiden Meßrohre **11**, **12** im Betrieb gleichzeitig von zu messendem Medium durchströmt werden können, ist einlaßseitig und auslaßseitig im Trägerelement **20** jeweils ein Strömung aufteilendes oder wieder zusammenführendes Verteilerelement **25**, **26** vorgesehen, das im Betrieb über das jeweils zugehörige Verbindungselement **31**, bzw. **32** einerseits mit dem daran jeweils angeschlossenen Rohrleitungsabschnitt kommuniziert sowie andererseits in die beiden Meßrohre **11**, **12** entsprechend einmündet. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß jedes der beiden Verteilerelemente **25**, **26** als integraler Bestandteil des Trägerelements **20** ausgebildet ist, und zwar derart, daß das Trägerelement **20** zumindest im Bereich dieser Verteilerelemente **25**, **26** frei von Fügstellen, insb. aber frei von Löt- oder Schweißverbindungen, gehalten ist. Zur Realisierung vorgenannter integraler Verteilerelemente **25**, **26** sind in den hier gezeigten Ausführungs-

beispielen in die entsprechenden Stirnseite des jeweiligen – hier massiven und balkenförmigen – Trägerelements **20** eine zentrale Vertiefung eingearbeitet, in deren jeweiligen Boden entsprechende stirnseitige Sacklochbohrungen einmünden. Wie beispielsweise aus der Zusammenschau der [Fig. 2a](#), **b** und **5** ohne weiteres ersichtlich, kommuniziert jede dieser stirnseitigen Sacklochbohrungen unter Bildung jeweils eines der vorgenannten Durchlaßkanäle **21**, **22**, **23**, **24** mit einer jeweils zugehörigen meßrohrseitigen Sacklochbohrung im Trägerelement **20**, die ihrerseits wiederum auch in jeweils ein zugehöriges Ende eines der beiden Meßrohre **11**, **12** mündet. Alternativ zu der Verwendung von zwei Meßrohren kann es, wie beispielsweise in der US-A 55 49 009 oder der WO-A 02/099363 gezeigt, aber auch von Vorteil sein, unter Verzicht auf die Verteilerelemente nur eines der beiden Aufnehmerrohre **11**, **12** im Betrieb vom Medium durchströmen und insoweit als einziges Meßrohr des Meßaufnehmers fungieren zu lassen. Das andere der beiden Aufnehmerrohre kann dann beispielsweise als Schwingungskräfte des einzigen Meßrohrs ausgleichender Gegenschwinger dienen. Ferner ist auch möglich, wie beispielsweise in der EP-A 1 207 375 oder der US-B 68 51 323 gezeigt, im Meßaufnehmer nur ein einziges Aufnehmerrohr vorzusehen.

[0055] Zur Reduzierung von Schwingungsbewegungen und/oder zum gezielten Einstellen von Resonanzfrequenzen der Dopplerrohranordnung sind gemäß einer Weiterbildung der Erfindung zumindest ein die beiden Aufnehmerrohre **11**, **12** einlaßseitig miteinander mechanisch verbindendes erstes Koppellement **13** sowie ein die beiden Aufnehmerrohre **11**, **12** auslaßseitig miteinander mechanisch verbindendes zweites Koppellement **14** im Meßaufnehmer vorgesehen.

[0056] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Meßaufnehmers ist vorgesehen, daß das wenigstens eine Meßrohr **11** an zumindest einem ersten Ende **11'** mittels einer ersten Rohrverschraubung **41** im Bereich des ersten Durchlaßkanals **21** am Trägerelement **20**, insb. wieder lösbar, fixiert ist.

[0057] In den [Fig. 2a](#), [Fig. 3a](#) und [Fig. 4a](#) sind teilweise im Schnitt exemplarische Varianten für eine solche Rohrverschraubung schematisch dargestellt.

[0058] In den hier gezeigten Ausführungsbeispielen wirkt jeweils eine mit einem Gewindestutzen **413'** versehene Schraubhülse **413** mit einem am jeweiligen Meßrohrende kraft- und/oder formschlüssig entsprechend gehaltenen, insb. metallischen, Druckring **414** der Rohrverschraubung **41** zusammen. Dabei wird das jeweilige erste Ende **11'** des Meßrohres **11** mittels Druckring **414** und darauf einwirkender Schraubhülse **413** gegen eine umlaufende, für die

gewünschte Dichtwirkung ausreichend große Dichtfläche **416'** eines Dichtsitz **416** so gepreßt, daß diese eine dazu im wesentlichen komplementäre, im Bereich des erste Endes **11'** des Meßrohrs **11** vorgesehene und/oder beim Zusammenbau gebildete Dichtfläche des Meßrohrs **11** entsprechend innig kontaktiert.

[0059] Als Schraubhülse **413** kann bei den vorgeschlagen Rohrverschraubungen **41** beispielsweise eine entsprechende Schlüsselkanten aufweisende Überwurfmutter dienen. Der Druckring **414** wiederum kann beispielsweise als ein das Meßrohr kontaktierender ein- oder ggf. mehrteiliger Schneid-, Klemm- und/oder Keilring ausgebildet sein, der jeweils mittels der Schraubhülse gegen das jeweilige Ende **11'** des Meßrohrs **11** gepreßt und insoweit an dieser haften gelassen wird. Anders gesagt kann die Rohrverschraubung **41** beispielsweise als Schneidringverbindung, Keilringverbindung oder Klemmringverbindung realisiert sein. Ferner ist auch möglich, den Druckring **414** gegen einen am Meßrohrende **11'** vorgesehenen, die Dichtfläche **416'** zumindest anteilig bildenden Bund wirken zu lassen. Der Bund kann z.B. nach dem Aufschieben des Druckrings **414** durch entsprechendes Aufstauchen des Meßrohrendes **11'** erzeugt werden.

[0060] Bei den in [Fig. 2a](#) und [Fig. 4a](#) gezeigten Varianten ist der Druckring **414** der Rohrverschraubung **41** als auf das jeweilige Ende **11'** des Meßrohrs **11** aufgeschraubter Schraubring ausgebildet. Um bei dieser Variante die Verbindung zwischen dem Meßrohr **11** and dem Trägerelement **20** herzustellen wird vorerst der Druckring **414**, bei welchem zumindest ein Teilbereich ein Innengewinde **414'** aufweist, auf das hierfür mit einem entsprechenden Außengewinde versehene Ende des Meßrohrs **11'** aufgeschraubt. Zur Verbesserung der Festigkeit dieser Rohrverschraubung kann der Druckring **414** nach dem Aufschrauben auf das Meßrohr **11** gegebenenfalls zusätzlich mit diesem verpreßt werden, so daß zusätzlich zu dem mittels der Schraubgewinde gebildeten Formschluß ein Reibschluß gebildet wird. Alternativ oder in Ergänzung dazu kann das bezüglich des Meßrohrendes **11'** distale Teilstück **414''** des Druckrings **414** auch mit Längsschlitz und/oder einer konischen Anzugsfläche versehen sein, die wiederum mit einer komplementären Wirkfläche der hier als Überwurfmutter ausgebildeten Schraubhülse **413** entsprechend zusammenwirkt.

[0061] Beim Einschrauben der Schraubhülse **413** in ein dem Gewindestutzen **413'** entsprechendes, im Dichtsitz **416** konzentrisch zum Meßrohr **11** angeordnetes Innengewinde **416''** wird dann durch die Schraubhülse **413** eine Kraft auf die Anzugsfläche **414''** des Druckrings **414** ausgeübt werden. Dabei preßt eine axiale Kraftkomponente der von der eingeschraubten Schraubhülse **413** ausgeübten Kraft den

Druckring **414** und somit auch das Meßrohr **11** über seine Dichtfläche dicht gegen die Dichtfläche **416'** des Dichtsitzes **416**. Durch eine radiale Komponente der von der eingeschraubten Schraubhülse **413** ausgeübten Kraft wird zusätzlich der hier geschlitzte Teil **414''** des – hier insoweit teilweise auch als Klemmring ausgebildete – Druckrings **414** gegen die Oberfläche des Meßrohrendes **11'**, so daß Druckring **414** und Meßrohr **11** schließlich an dieser Stelle zusätzlich miteinander verklemt werden. Ein Vorteil der so hergestellten Rohrverschraubung **41** besteht darin, daß sie nicht nur hochdruckfest ausgelegt werden kann, sondern auch selbsthemmend und insoweit auch besonders vibrationsfest ist. Durch die Verwendung eines einstückigen Druckrings **414**, welche an mehreren Stellen innerhalb der Verbindung verkeilt ist, wird vermieden, daß sich einzelne Teile unter der Einwirkung von Vibrationen gegenseitig lockern können, wie dies gelegentlich bei mehrteiligen Schneid- und/oder Klemmrings zu beobachten ist. Insofern kann es besonders für den Fall, daß der Meßaufnehmer für Anwendungen mit sehr hohen Betriebsdrücken vorgesehen ist, von Vorteil sein, anstelle von Rohrverschraubungen mit mehrteiligen Druckrings solche mit einteiligem Druckring zu verwenden.

[0062] Um eine möglichst große Dichtwirkung zu erzielen und somit auch eine möglichst hochdruckfeste Rohrverbindung bereitzustellen kann es des auch von Vorteil sein, das erste Ende des Meßrohrs im wesentlichen konisch und/oder sich nach außen hin verjüngend zu formen. Bei der in [Fig. 2a](#) gezeigten Variante sind daher das erste Ende **11'** des Meßrohrs **11** als ein Innenkonus und der Dichtsitz **416** entsprechend als ein dazu komplementärer Außenkonus ausgebildet. Dementsprechend ist die hier konisch ausgebildete erste Dichtfläche des Meßrohrs **11** zumindest anteilig konvex geformt, während die ebenfalls konisch ausgebildete Dichtfläche **416'** des Dichtsitzes **416** der ersten Rohrverschraubung zumindest anteilig konkav geformt ist. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, die Dichtfläche **416'** des Dichtsitzes **416** der ersten Rohrverschraubung konisch so auszubilden, daß sie einen Flankenwinkel aufweist, der von einem komplementären Flankenwinkel der, ggf. ebenfalls konisch ausgebildeten, Dichtfläche des ersten Endes **11'** des Meßrohrs **11** verschieden ist. Insbesondere für den vorgenannten Fall, daß sowohl die Dichtfläche des Meßrohrs **11** als auch die Dichtfläche **416'** des Dichtsitzes **416** konisch ausgebildet sind, ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß ein Flankenwinkel der Dichtfläche **416'** des Dichtsitzes **416** kleiner ist als ein Flankenwinkel der Dichtfläche des ersten Endes **11'** des Meßrohrs **11**. Statt der in den [Fig. 2a](#) und [Fig. 4a](#) gezeigten, ggf. auch leicht voneinander abweichenden, Innen- bzw. Außenkonusse können auch andere Dichtflächen, beispielsweise sphärische oder, wie beispielsweise in [Fig. 3a](#) gezeigt, auch zylindrische Flächen, am

Meßrohrende **11'** und/oder im Dichtsitz **416** vorgesehen sein, ggf. auch mit voneinander signifikant abweichenden Grundformen. Beispielsweise kann auch ein stumpfes Meßrohrende in einen konischen Dichtsitz mediumsicht, insb. auch druckdicht, eingesetzt werden.

[0063] Der Dichtsitz **416** wird bei der in [Fig. 2a](#) gezeigten Variante der Erfindung von einem Anschlußelement **41'** der Rohrverschraubung bereitgestellt, das im Bereich des zumindest ersten Durchlaßkanals **21** mit dem Trägerelement **20**, insb. wieder lösbar, verbunden ist. Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel weist das Anschlußelement **415** einen entsprechenden Anschlußstutzen mit einem Außengewinde **415'** auf, mittels dem es in den ein entsprechendes Innengewinde **21'** aufweisenden Durchlaßkanal **21** eingeschraubt ist. Insbesondere für den Fall, daß der Druckring **414** als Klemm-, Schneid- und/oder Keilring ausgebildet ist, kann es von Vorteil sein, wenn das Anschlußelement **415**, wie auch in [Fig. 3a](#) dargestellt, einen Gewindestutzen mit einem Außengewinde **415''** für ein dem entsprechendes Innengewinde **413''** in der Schraubhülse **413** aufweist. Bei dieser Variante wird also Schraubhülse **413** auf den Gewindestutzen aufgeschraubt, um die für Fixierung des Meßrohrs im Dichtsitz **416** erforderliche Anpreßkraft zwischen Druckring **414** und Meßrohr **11** einerseits und Druckring **414** und Anschlußelement **415** andererseits zu erzeugen. Die verwendeten Rohrverschraubungen können dabei auch von solcher Art sein, wie sie beispielsweise auch in der US-B 67 66 582, US-B 65 02 323, US-B 66 40 457, US-A 45 86 731, GB-A 14 73 984 vorgeschlagen sind. Ein Vorteil dieser beiden vorgenannten Varianten ist u.a. auch darin zu sehen, daß die wenigstens eine Rohrverschraubung **41** praktisch vollständig mittels herkömmlicher, insb. auch genormter, vibrationsfester Rohrverschraubungen realisiert werden kann, wie z.B. Swagelok® von der Firma Swagelok Co., Solon, OH, US, Nova Swiss® Typ von der Firma Nova Werke AG, Effretikon, CH, EO2-Form von der Firma Parker Hannifin Corp. oder der gleichen. Im besonderen kann dabei in vorteilhafter Weise auch auf solche etablierten Rohrverschraubungen zurückgegriffen werden, die sich sowohl in Anwendungen mit starken Vibrationen als auch mit hohen Betriebsdrücken bewährt haben.

[0064] Im Gegensatz zu den in [Fig. 2a](#) oder [Fig. 3a](#) gezeigten Varianten ist bei der in der [Fig. 4a](#) gezeigten Variante der Dichtsitz **416** direkt in Trägerelement **20** eingeformt und insoweit als ein integraler Bestandteil davon ausgebildet. In vorteilhafter Weise kann aber auch hierbei der jeweilige Dichtsitz **416** in weiten Teilen, insb. im Bereich des Dichtfläche **416'**, ebenfalls den entsprechenden Anschlußelementen etablierter vibrationsfester, insb. auch hochdruckfester, Rohrverschraubungen nachempfunden werden, insb. jenen mit Schraubring oder Schraub-/Klemmring.

[0065] Wenngleich die Fixierung des wenigstens eine Meßrohrs anhand einer Rohrverschraubung **41** erläutert worden ist, ist es durchaus einsichtig, daß das Meßrohr in vorteilhafter Weise auch an seinem zweiten Ende **11''** mittels einer entsprechenden Rohrverschraubung am Trägermittel **20** fixiert ist. Beispielsweise kann so auch eine allenfalls defekte Rohrverbindung und/oder eine defektes Meßrohr gegebenenfalls gegen entsprechend intakte Komponenten ausgetauscht werden. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß das wenigstens eine Meßrohrs **11** an seinem ersten Ende **11** mittels einer, insb. auch hochdruckfesten, ersten Rohrverschraubung **41** und gleichermaßen auch an seinem zweiten Ende **12** mittels einer, insb. zur ersten Rohrverschraubung **41** im wesentlichen baugleichen, zweiten Rohrverschraubung **42** am Trägermittel **20** fixiert ist. Für den oben beschriebenen Fall, daß der Meßaufnehmer wenigstens zwei Meßrohre **11, 12** umfaßt ist gemäß einer anderen Weiterbildung ferner vorgesehen, daß jedes der beiden Meßrohre **11, 12** sowohl einlaßseitig als auch auslaßseitig jeweils mittels einer, insb. hochdruckfesten, Rohrverschraubung **41, 42, 43** oder **44** am Trägermittel **20** entsprechend fixiert ist.

[0066] Es sei an dieser Stelle noch erwähnt, daß, wie beispielsweise aus der Zusammenschau von [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) ohne weiteres ersichtlich, sämtlich der dem Fixieren des wenigstens einen Meßrohrs **11** am Trägermittel **20** dienenden Rohrverschraubungen **41, 42**, insb. auch im Gegensatz zu den oben erwähnten Verbindungselementen **31, 32**, innerhalb der Meßrohr-Gehäusekappe **100** und insoweit auch innerhalb des Meßaufnehmers angeordnet sind.

[0067] Die Festigkeit, insb. auch die Druckfestigkeit, und insoweit auch die Sicherheit des Meßaufnehmers kann unter Gewährleistung einer nach wie vor ausreichend hohen Empfindlichkeit auf die jeweils vom Medium zu messen physikalische Meßgröße ferner dadurch weiter erhöht werden, daß das wenigstens eine Meßrohr **11** aus einem kalt verfestigten, insb. kalt gestreckten oder autofrettierten, Material gefertigt ist. Durch Autofrettage kann eine plastische Kaltverformung der Innenwand des Meßrohres, beispielsweise bis zu einer Tiefe von etwa 20 % der Meßrohr-Wandstärke s , erzeugt werden. Durch die mit der Kaltverfestigung einhergehende bleibende radiale Verspannung der Meßrohrwand kann das Meßrohr **11** gegenüber dem Initialzustand in erheblichem Maße verfestigt werden. Durch Verfestigten des wenigstens einen Meßrohrs **11** kann dieses in erheblichem Maße widerstandsfähiger, insb. auch im Hinblick auf die Druckfestigkeit, ausgebildet sein, als in dieser Hinsicht unbehandelte Meßrohre gleicher Abmessung.

[0068] Die zur Realisierung des Autofrettage erforderlichen Verformungskräfte können beispielsweise

dadurch erzeugt werden, daß ein geeignetes Fluid, insb. eine Flüssigkeit wie Öl oder Wasser oder ein Flüssigkeits-Gas-Gemisch, in ein im Lumen des bereits verbauten Meßrohrs eingeleitet wird, und daß dieses eingeleitete Fluid mit einer einen statischen Druck des Fluids ausreichend erhöhenden Kraft beaufschlagt wird. Somit kann auch das bereits mit dem Trägermittel verbundene in vorteilhafter Weise auch in-situ autofrettiert werden.

[0069] Für den oben beschriebenen Fall, daß das wenigstens eine Meßrohr **11** an seinen beiden Enden jeweils mit einem Außengewinde versehen ist, kann es zumindest bei kaltverformten, insb. autofrettierten, Material von Vorteil sein, das Außengewinde für den Druckring **414** jeweils in die Meßrohrwand einzurollen.

[0070] Zur Vermeidung thermischer Überbelastungen des durch Kaltverformung verfestigten Meßrohrs ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner vorgesehen, die am wenigstens einen Meßrohr **11** fixierten Komponenten des oben erwähnten wenigstens eine Schwingungserreger **16** und/oder der jeweils verwendeten Schwingungssensoren **17**, **18** mit dem wenigstens einen, insb. autofrettierten, Meßrohr **11** lediglich kraft- und/oder formschlüssig, insb. wieder lösbar, zu verbinden, und zwar unter Verzicht auf stoffschlüssige Verbindungen mit hoher Verarbeitungstemperatur, wie sie Löt- oder Schweißverbindungen. Für den oben beschriebenen Fall, daß der Meßaufnehmer mittels Dopplerrohranordnung gebildet ist und daß die beiden Aufnehmerrohre zusätzlich mittels der wenigstens zwei Koppellemente **13**, **14** ein- und auslaßseitig miteinander mechanische verkoppelt sind, ist gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ferner vorgesehen die wenigstens zwei Koppellemente mit den beiden Aufnehmerrohren **11**, **12** lediglich kraft- und/oder formschlüssig, insb. wieder lösbar, zu verbinden.

[0071] Kraft- und/oder formschlüssige Verbindungen können z.B. durch Aufpressen und/oder Aufklemmen der jeweiligen Komponente auf das Meßrohr hergestellt werden. Dafür entsprechend geeignete Verfahren sind beispielsweise in den eingangs erwähnten US-B 60 47 457 oder der eigenen nicht vorveröffentlichten U.S. Anmeldung 11/242,803 beschrieben. Darüber hinaus können auch herkömmliche, insb. weitgehend vibrationsfeste, Rohrklemmen für das Fixieren von Schwingungserreger und/oder Schwingungssensor verwendet werden. Zur Minimierung von allfälligen Mikroreibungen im Bereich solcher auf das wenigstens eine vibrierende Meßrohr **11** aufgeklemmter Komponenten können deren das Meßrohr **11** kontaktierende Wirkflächen beispielsweise poliert und/oder leicht ausbauchend ausgebildet sein. Gleichermaßen können zudem auch die entsprechenden Wirkflächen des wenigstens einen Meßrohrs **11** zumindest poliert sein.

[0072] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Meßaufnehmers darin zu sehen, daß dieser, insb. aber auch das wenigstens eine Meßrohr, einerseits betriebsmäßig hohen Mediumsdrücken von 700 bar oder darüber widerstehen kann, und daß andererseits Meßrohre mit vergleichsweise geringen Wandstärken verwendet werden können. Somit ist der erfindungsgemäße Meßaufnehmer und insoweit auch das In-Line-Meßgerät besonders auch für Anwendungen mit, insb. auch der Betankung von Kraftfahrzeugen dienendem, komprimiertem Wasserstoff geeignet.

Patentansprüche

1. Meßaufnehmer (**1**) vom Vibrationstyp, insb. Coriolis-Massendurchfluß-Meßaufnehmer, für ein dem Messen eines in einer Leitung strömenden Mediums dienendes In-Line-Meßgerät, welcher Meßaufnehmer

– wenigstens ein mit der Leitung kommunizierendes, insb. metallisches, Meßrohr (**11**) zum Führen des Mediums, sowie

– ein das wenigstens eine Meßrohr schwingfähig haltendes Trägerelement (**20**) umfaßt,

– wobei das Trägerelement wenigstens einen darin eingebrachten ersten Durchlaßkanal (**21**) und einen darin eingebrachten zweiten Durchlaßkanal (**22**) aufweist, über die das wenigstens eine Meßrohr mit der Leitung kommuniziert, und

– wobei das wenigstens eine Meßrohr an zumindest einem ersten Ende (**11'**) mittels einer ersten Rohrverschraubung (**41**) im Bereich des ersten Durchlaßkanals am Trägerelement, insb. wieder lösbar, fixiert ist.

2. Meßaufnehmer nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zumindest der erste Durchlaßkanal ein Innengewinde (**21'**) für die erste Rohrverschraubung aufweist.

3. Meßaufnehmer nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das erste Ende des Meßrohrs im wesentlichen konusförmig und/oder sich nach außen hin verjüngend ausgebildete ist.

4. Meßaufnehmer nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das, insb. als Innenkonus ausgebildete, erste Ende des Meßrohrs von einem Dichtsitz (**416**) der ersten Rohrverschraubung aufgenommen ist

5. Meßaufnehmer nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Dichtsitz der ersten Rohrverschraubung eine Dichtfläche (**416'**) aufweist, die eine dazu im wesentlichen komplementäre, im Bereich des ersten Endes des Meßrohrs vorgesehene erste Dichtfläche des Meßrohrs zumindest abschnittsweise kontaktiert.

6. Meßaufnehmer nach dem vorherigen Anspruch, wobei die, insb. konisch ausgebildete, erste

Dichtfläche des Meßrohrs zumindest anteilig konvex geformt ist.

7. Meßaufnehmer nach dem vorherigen Anspruch, wobei die, insb. konisch ausgebildete, Dichtfläche des Dichtsitzes der ersten Rohrverschraubung zumindest anteilig konkav geformt ist.

8. Meßaufnehmer nach dem vorherigen Anspruch, wobei die, insb. konisch ausgebildete, Dichtfläche des Dichtsitzes der ersten Rohrverschraubung einen Flankenwinkel aufweist, der von einem komplementären Flankenwinkel der, insb. konisch ausgebildeten, Dichtfläche des ersten Ende des Meßrohrs verschieden ist.

9. Meßaufnehmer nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Flankenwinkel der Dichtfläche des Dichtsitzes kleiner ist als der Flankenwinkel der Dichtfläche des ersten Endes des Meßrohrs.

10. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei der Dichtsitz von einem Anschlußelement der Rohrverschraubung bereitgestellt ist, das im Bereich des ersten Durchlaßkanals mit dem Trägerelement, insb. wieder lösbar, verbunden ist.

11. Meßaufnehmer nach dem vorherigen Anspruch, wobei das zumindest eine Anschlußelement in den ersten Durchlaßkanal eingeschraubt ist.

12. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei der Dichtsitz von einem Anschlußelement der Rohrverschraubung bereitgestellt ist, das im Bereich des ersten Durchlaßkanals in das Trägerelement eingeformt und somit als integraler Bestandteil des Trägerelements ausgebildet ist.

13. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die erste Rohrverschraubung wenigstens einen im Bereich des ersten Endes des Meßrohrs an diesem fixierten, insb. aufgeschraubten und/oder metallischen, Druckring (**414**) umfaßt.

14. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 4 bis 12, wobei der Dichtsitz von einem Anschlußelement der Rohrverschraubung bereitgestellt ist, das im Bereich des ersten Durchlaßkanals angeordnet ist, und wobei das Meßrohr mittels einer Schraubhülse (**413**) am Anschlußelement der ersten Rohrverschraubung, insb. wieder lösbar, fixiert ist, die gegen einen am wenigstens eine Meßrohr fixierten, insb. aufgeschraubten und/oder metallischen, Druckring wirkt.

15. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die erste Rohrverschraubung als Schneidringverbindung ausgebildet ist.

16. Meßaufnehmer nach dem vorherigen An-

spruch, wobei die zumindest eine Rohrverschraubung wenigstens einen das Meßrohr kontaktierenden, insb. metallischen, Schneidring umfaßt.

17. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 4 bis 12, wobei der Dichtsitz von einem Anschlußelement der Rohrverschraubung bereitgestellt ist, das im Bereich des ersten Durchlaßkanals angeordnet ist, und wobei das Meßrohr mittels einer Schraubhülse am Anschlußelement, insb. wieder lösbar, fixiert ist, die gegen einen das wenigstens eine Meßrohr kontaktierenden Schneidring wirkt.

18. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die erste Rohrverschraubung als Klemmringverbindung ausgebildet ist.

19. Meßaufnehmer nach dem vorherigen Anspruch, wobei die zumindest eine Rohrverschraubung wenigstens einen das wenigstens eine Meßrohr kontaktierenden, insb. metallischen, Klemmring umfaßt.

20. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 4 bis 12, wobei der Dichtsitz von einem Anschlußelement der Rohrverschraubung bereitgestellt ist, das im Bereich des ersten Durchlaßkanals angeordnet ist, und wobei das Meßrohr mittels einer Schraubhülse am Anschlußelement, insb. wieder lösbar, fixiert ist, die gegen einen das wenigstens eine Meßrohr kontaktierenden, insb. metallischen, Klemmring wirkt.

21. Meßaufnehmer nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das wenigstens eine Meßrohr an einem zweiten, insb. auslaßseitigen, Ende (**11''**) mittels einer zweiten Rohrverschraubung (**42**) im Bereich des zweiten Durchlaßkanals am Trägerelement, insb. wieder lösbar, fixiert ist.

22. Meßaufnehmer nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das wenigstens eine Meßrohr aus einem kalt verfestigten, insb. einem kalt gestreckten oder autofrettierten, Material besteht.

23. Meßaufnehmer nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das wenigstens eine Meßrohr, insb. U-förmig oder V-förmig, gebogen ist.

24. Meßaufnehmer nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Meßaufnehmer zwei im wesentlichen baugleiche, insb. zueinander im wesentlichen parallel verlaufende, Meßrohre (**11**, **12**) umfaßt.

25. Meßaufnehmer nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Trägerelement ein, insb. massives und/oder monolithisches, metallisches Bauteil ist.

26. Meßaufnehmer (**1**) vom Vibrationstyp, insb.

Coriolis-Massendurchfluß-Meßaufnehmer, für ein dem Messen eines in einer Leitung strömenden Mediums dienendes In-Line-Meßgerät, welcher Meßaufnehmer

- wenigstens ein mit der Leitung kommunizierendes Meßrohr **(11)** zum Führen des Mediums, sowie
- ein das wenigstens eine Meßrohr schwingfähig haltendes Trägerelement **(20)** umfaßt,
- wobei das wenigstens eine Meßrohr zumindest anteilig aus kaltverfestigtem Material besteht.

27. Meßaufnehmer nach Anspruch 26, wobei das wenigstens eine Meßrohr zumindest anteilig aus kaltgestrecktem Material besteht.

28. Meßaufnehmer nach Anspruch 26 oder 27, wobei das wenigstens eine Meßrohr zumindest anteilig aus autofrettiertem Material besteht

29. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 26 bis 28, wobei das Trägerelement ein, insb. massives und/oder monolithisches, metallisches Bauteil mit darin eingebrachten Durchlaßkanälen **(21, 22)** ist, über die das wenigstens eine Meßrohr mit der an den Meßaufnehmer angeschlossenen Leitung kommuniziert.

30. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 26 bis 29, wobei das wenigstens eine Meßrohr, insb. U-förmig oder V-förmig, gebogen ist.

31. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 26 bis 30, wobei das wenigstens eine Meßrohr, mittels, insb. hochdruckfester, Rohrverschraubungen **(41)**, insb. wieder lösbar, mit dem Trägerelement verbunden ist.

32. Meßaufnehmer nach dem vorherigen Anspruch, wobei zumindest eine der Rohrverschraubungen als Schraub-, Klemm- oder Schneidringverschraubung ausgebildet ist.

33. Meßaufnehmer **(1)** vom Vibrationstyp, insb. Coriolis-Massendurchfluß-Meßaufnehmer, für ein dem Messen eines in einer Leitung strömenden Mediums dienendes In-Line-Meßgerät, welcher Meßaufnehmer

- wenigstens zwei mit der Leitung kommunizierende Meßrohre **(11, 12)** zum Führen des Mediums, sowie
- ein die wenigstens zwei Meßrohre schwingfähig haltendes Trägerelement **(20)** umfaßt,
- wobei die beiden Meßrohre jeweils an ein einlaßseitiges Verteilerelement **(25)** und an ein auslaßseitiges Verteilerelement **(26)** angeschlossen sind, und
- wobei zumindest eines der beiden Verteilerelemente **(25, 26)** als integraler Bestandteil des Trägerelements ausgebildet ist, so daß das Trägerelement zumindest im Bereich dieses wenigstens eines Verteilerelements frei von Fügestellen, insb. frei von Löt- oder Schweißverbindungen, gehalten ist.

34. Meßaufnehmer nach Anspruch 33, wobei das Trägerelement ein, insb. massives und/oder monolithisches, metallisches Bauteil mit darin eingebrachten Durchlaßkanälen **(21, 22, 23, 24)** ist, an die die wenigstens zwei Meßrohre angeschlossen sind.

35. Meßaufnehmer nach Anspruch 33 oder 34, wobei die wenigstens zwei Meßrohre im wesentlichen baugleich sind und/oder zueinander im wesentlichen parallel verlaufen.

36. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 33 bis 35, wobei die wenigstens zwei Meßrohre, insb. U-förmig oder V-förmig, gebogen sind.

37. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 33 bis 36, wobei die Meßrohre, mittels, insb. hochdruckfester, Rohrverschraubungen **(41, 42, 43, 44)**, insb. wieder lösbar, mit dem Trägerelement verbunden sind.

38. Meßaufnehmer nach dem vorherigen Anspruch, wobei wenigstens eine der Rohrverschraubungen als Schraub-, Klemm- oder Schneidringverschraubung ausgebildet ist.

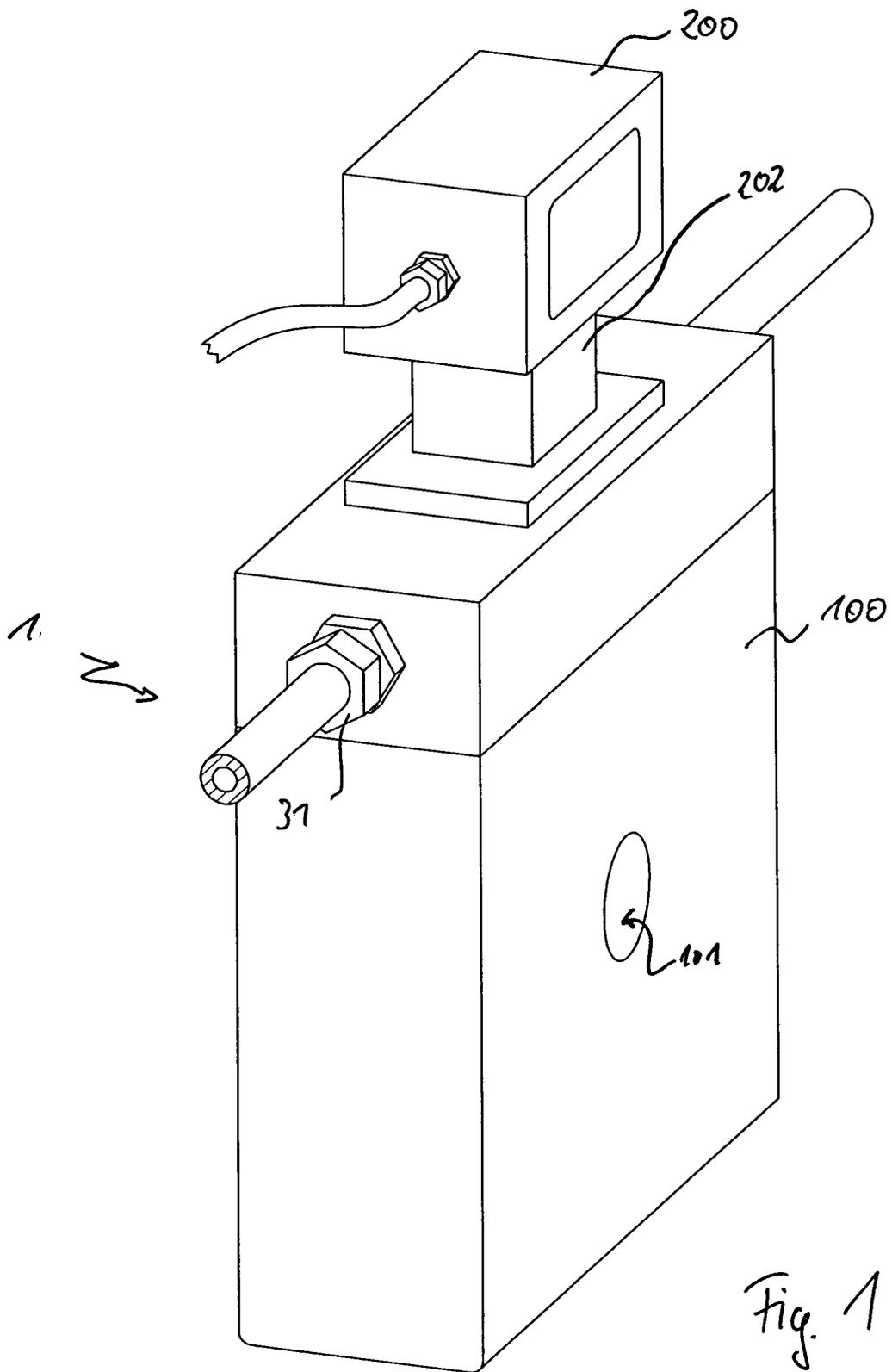
39. Meßaufnehmer nach einem der Ansprüche 33 bis 38, wobei die Meßrohre zumindest anteilig aus kaltverfestigtem, insb. kaltgestrecktem und/oder autofrettiertem, Material bestehen.

40. Meßaufnehmer gemäß einem der vorherigen Ansprüche, verwendet zum Messen eines in einer Rohrleitung strömenden Mediums, das mit einem Druck von mehr als 500 bar, insb. von mehr als 700 bar, auf das Meßrohr wirkt.

41. In-Line-Meßgerät zum Messen und/oder Überwachen wenigstens eines Parameters, beispielsweise einem Massendurchfluß, einer Dichte, einer Viskosität etc., eines in der Rohrleitung strömenden Mediums, welches In-Line-Meßgerät einen Meßaufnehmer **(1)** gemäß einem der vorherigen Ansprüche umfaßt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



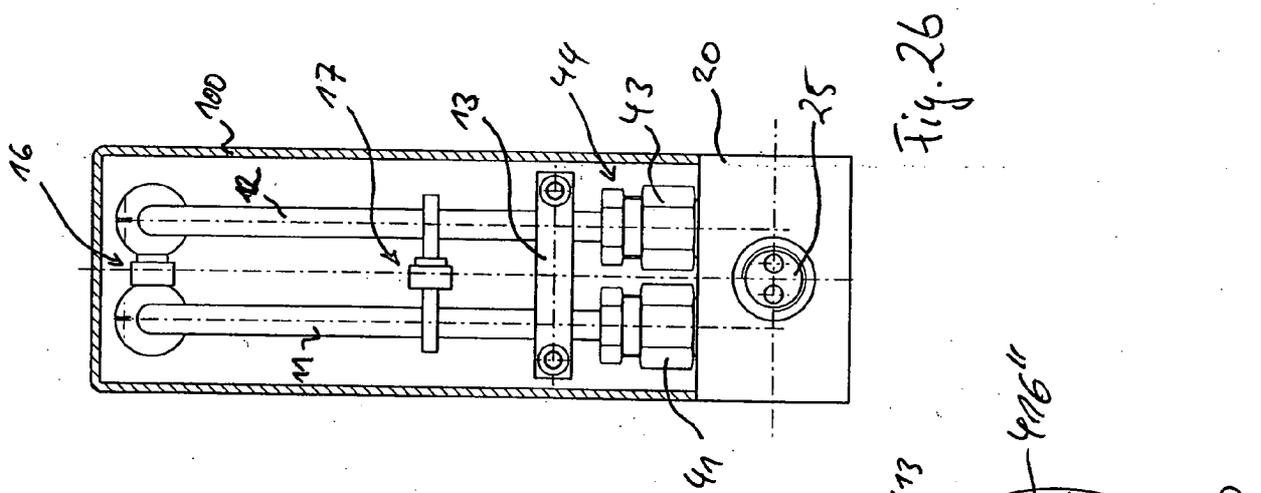


Fig. 26

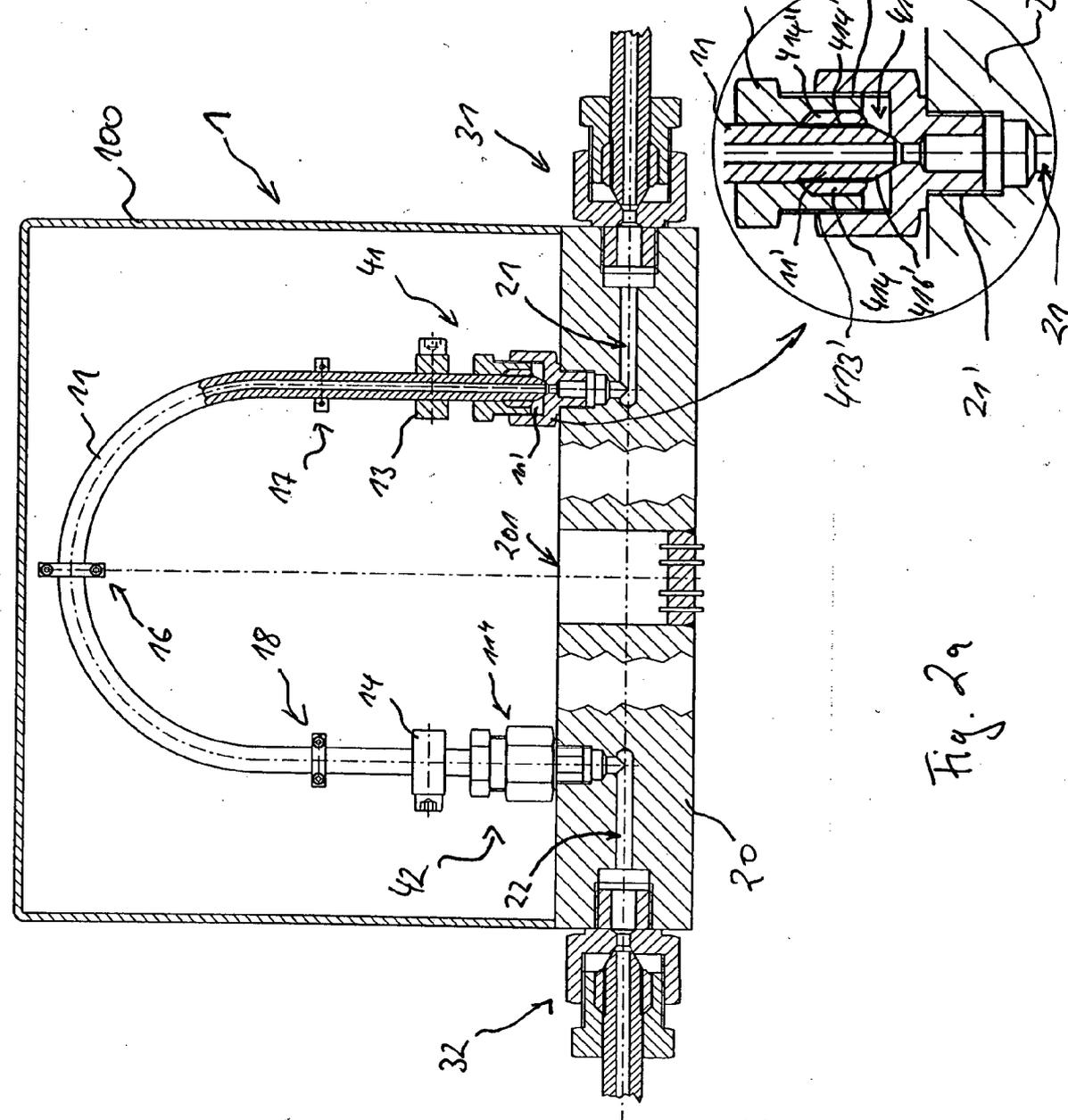


Fig. 29

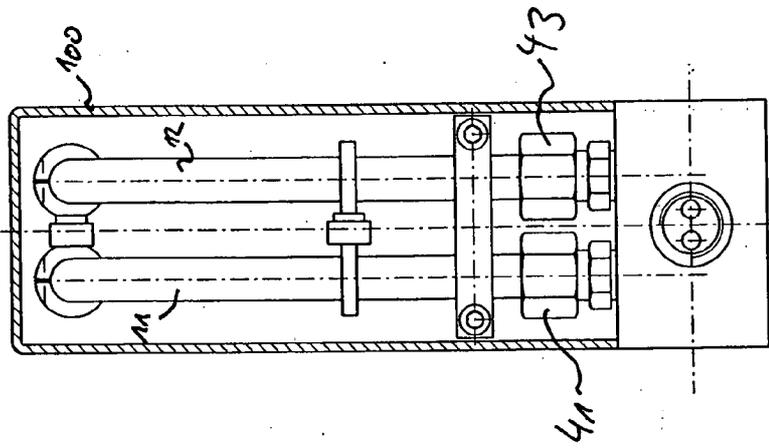


Fig. 36

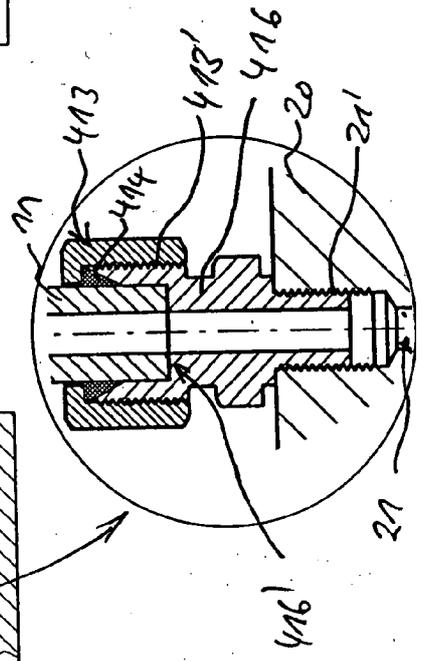
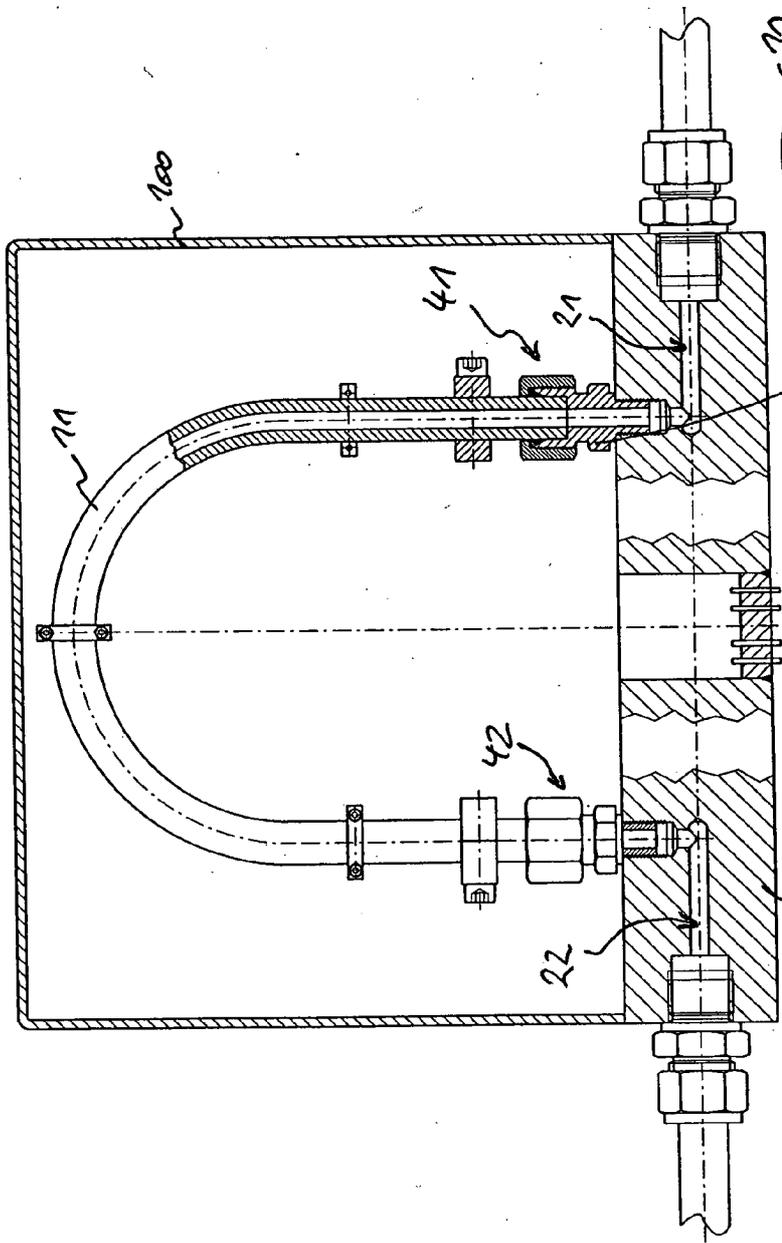


Fig. 39

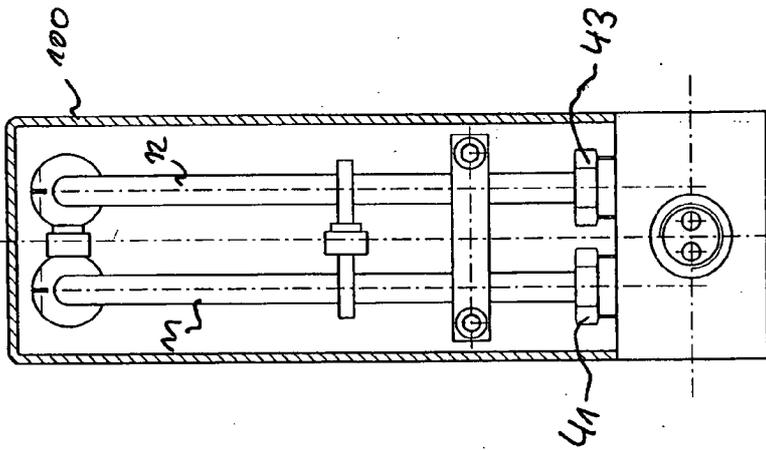


Fig. 46

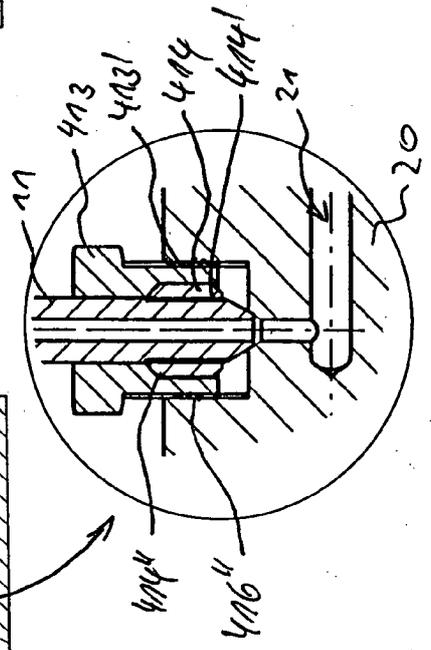
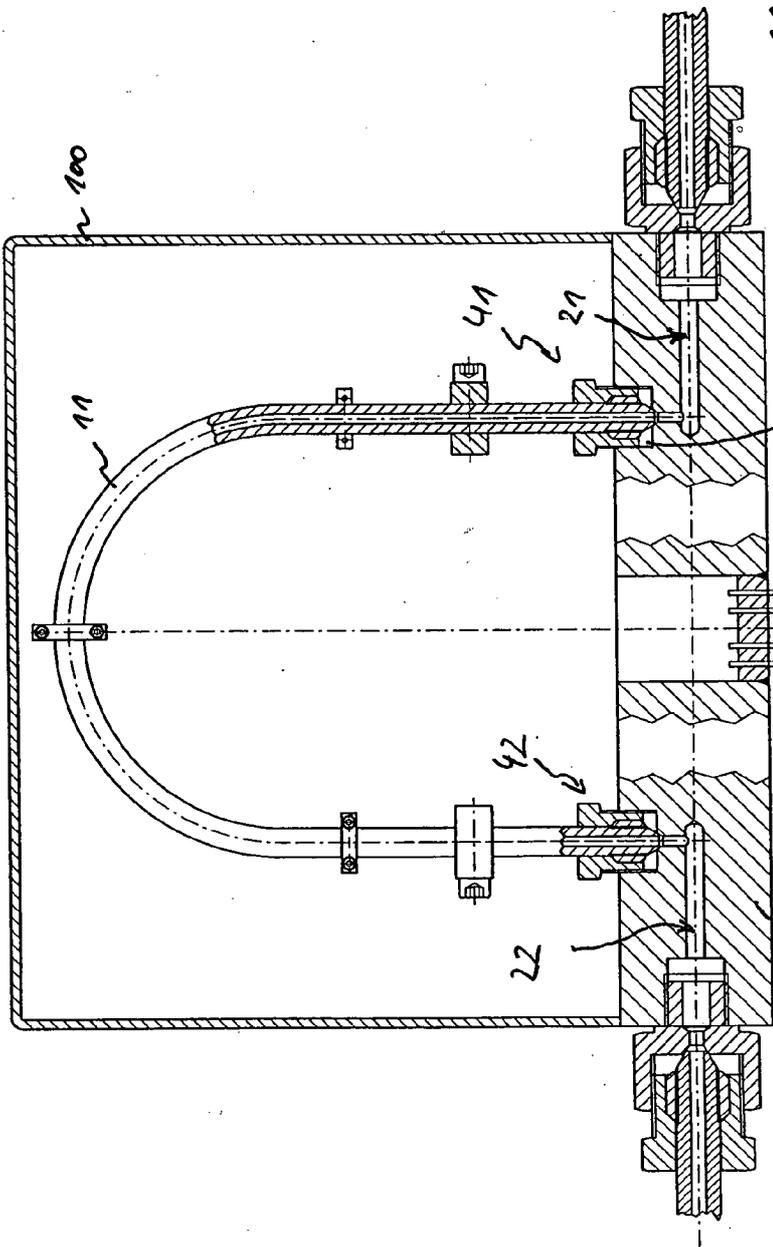


Fig. 49

