



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 045 473 A1** 2009.04.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 045 473.4**

(22) Anmeldetag: **21.09.2007**

(43) Offenlegungstag: **02.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G01F 15/00** (2006.01)

G01F 15/12 (2006.01)

G01F 1/58 (2006.01)

G01F 15/18 (2006.01)

(71) Anmelder:

Endress + Hauser Flowtec AG, Reinach, CH

(74) Vertreter:

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

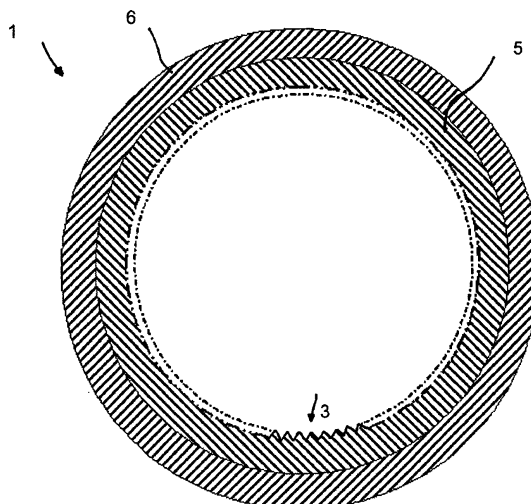
(72) Erfinder:

**Neuhaus, Joachim, 79585 Steinen, DE; Neuhaus,
Lukas, 79585 Steinen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung des Durchflusses eines Messmediums durch ein Messrohr**

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung des Durchflusses eines Messmediums durch ein Messrohr mit einem als rohrförmiges Element ausgebildeten Messrohreinlauf und/oder einem als rohrförmiges Element ausgebildeten Messrohrauslauf bzw. einem Messrohr, insbesondere zur magnetisch induktiven Durchflussmessung, welche strömungsparallele Riefen in der dem Messmedium zugewandten Seite aufweisen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung des Durchflusses eines Messmediums durch ein Messrohr. Bei dem Messmedium handelt es sich um ein fließfähiges Medium, insbesondere um ein flüssiges, ein dampf- oder gasförmiges Medium.

[0002] Einer fachlich qualifizierten Person sind viele verschiedenartige Durchflussmessgeräte an und für sich bekannt. Dazu gehören beispielsweise Durchflussmessgeräte, die den Volumenstrom des Messmediums messen, oder welche, die den Massenstrom des Messmediums messen. Mit einigen Durchflussmessgeräten lassen sich neben dem Durchfluss weitere Parameter bestimmen, wie z. B. Stoffeigenschaften des Messmediums. Die Prinzipien, die den gängigsten Durchflussmessgeräten zu Grunde liegen, sind in der Literatur, insbesondere dem Durchflusshandbuch der Endress + Hauser Flowtec AG, 4. Auflage von 2003, auf den Seiten 55 bis 195 detailliert beschrieben.

[0003] Auf einige Systeme den Durchfluss eines Messmediums durch ein Messrohr zu bestimmen bzw. zu überwachen wird im Folgenden näher eingegangen, ohne dass damit die Erfindung auf diese Varianten beschränkt werden soll.

[0004] Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte nutzen für die volumetrische Strömungsmessung das Prinzip der elektrodynamischen Induktion aus. Senkrecht zu einem Magnetfeld bewegte Ladungsträger des Mediums induzieren in im wesentlichen senkrecht zur Durchflussrichtung des Mediums und senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes angeordneten Messelektroden eine Messspannung. Die in die Messelektroden induzierte Messspannung ist proportional zu der über den Querschnitt des Messrohres gemittelten Strömungsgeschwindigkeit des Mediums, also proportional zum Volumenstrom. Ist die Dichte des Mediums bekannt, lässt sich der Massestrom in der Rohrleitung bzw. in dem Messrohr bestimmen. Die Messspannung wird üblicherweise über ein Messelektrodenpaar abgegriffen, das bezüglich der Koordinate entlang der Messrohrachse in dem Bereich maximaler Magnetfeldstärke angeordnet ist und wo folglich die maximale Messspannung zu erwarten ist. Die Messelektroden sind üblicherweise galvanisch mit dem Medium gekoppelt. Es sind jedoch auch magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte mit kapazitiv koppelnden Messelektroden bekannt geworden.

[0005] Das Messrohr bei der magnetisch induktiven Durchflussmessung besteht entweder aus einem elektrisch isolierenden Material oder ein so genanntes Trägerrohr ist aus einem elektrisch leitfähigen Material, wie z. B. Edelstahl, gefertigt und ist mit einer elektrisch isolierenden Auskleidung versehen, wel-

che mit dem Messmedium in Kontakt kommt. Diese Auskleidung ist als Liner bekannt geworden. Das Messrohr besteht somit aus Trägerrohr und Liner. Der Liner besteht üblicherweise aus einem thermoplastischen, einem duroplastischen oder einem elastomeren Kunststoff. Es sind jedoch auch magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte mit einer keramischen Auskleidung bekannt geworden.

[0006] Die Reproduzierbarkeit der Messungen und somit die Messgenauigkeit können durch kurzzeitig auftretende Schwankungen im Volumendurchfluss verschlechtert werden. Derartige Schwankungen im Volumenstrom können auf Druckänderungen und eine daraus resultierende Wirbelbildung im Bereich des Einlaufs oder des Auslaufs zurückzuführen sein.

[0007] Solche Durchflussschwankungen werden z. B. durch Krümmungen im Rohrleitungssystem vor oder nach dem Messgerät oder durch Änderungen des Querschnitts in Größe und/oder Form der Rohre vor oder nach dem Messgerät hervorgerufen. Daher wird von Endress + Hauser seinen Kunden eine Länge der Einlaufstrecke von mindestens 5·DN des Messrohres und eine Länge der Auslaufstrecke 2·DN des Messrohres bei magnetisch induktiven Durchflussmessgeräten empfohlen. Dabei bestehen sowohl Ein- als auch Auslaufstrecke aus Rohren mit dem näherungsweise gleichen Querschnitt wie das Messrohr. DN, englisch diameter nominal, steht für die Nennweite des Rohrs. Falls die Länge der Einlaufstrecke also nicht mindestens das Fünffache oder die Länge der Auslaufstrecke nicht mindestens das Zweifache des Innendurchmessers des Rohrs beträgt, so ist mit teils deutlichen Messabweichungen zu rechnen.

[0008] Eine weitere Störungsquelle bilden Abweichungen der Oberflächenqualität im Rohrleitungssystem, insbesondere Verschmutzungen und Ablagerungen. Die Ein- und Auslaufstrecken sollten daher auch die gleiche Oberflächenbeschaffenheit wie das Messrohr selbst aufweisen, bestenfalls aus dem selben Material wie das Messrohr bestehen. Bei sich festsetzenden Verschmutzungen oder Ablagerungen ändern sich jedoch die Oberflächeneigenschaften sowohl der Ein- und Ausläufe, als auch des Messrohres selbst. Eine besondere Form der Ablagerung bildet der Befall des Rohrleitungssystems oder gar des Messsystems durch biologische Organismen, so genanntes Biofouling.

[0009] Magnetisch induktive Durchflussmessgeräte gelten grundsätzlich als wartungsarm. Neben der Verschmutzung der Rohrleitungen entsteht beim magnetisch induktiven Durchflussmesser ein Messfehler durch nicht-leitfähige Ablagerungen, z. B. Fette in der Milchproduktion oder eben Bewuchs von Tieren oder Algen, an den Messelektroden. Dadurch erhöht sich der Reinigungs- und Wartungsaufwand eines

solchen Messsystems.

[0010] Wie bei den magnetisch induktiven Durchflussmessgeräten, so sind auch bei Messgeräten, die nach auf der Basis von Ultraschall arbeiten, lange Einlaufstrecken vorgeschrieben um eine gleichmäßige, näherungsweise unverwirbelte Strömung zu gewährleisten. Dies kann zu Problemen führen, vor allem beim Einbau der Messgeräte in bereits bestehende Anlagen. Vor allem bei großen Durchmessern, die magnetisch induktive oder Durchflussmessung auf Basis von Ultraschall ermöglichen, kann es zu Schwierigkeiten kommen, die Messgeräte nicht so platzieren zu können, dass vorgeschriebene Ein-/Auslaufstrecke eingehalten werden. Auch bei der Planung neuer Anlagen führen lange Ein-/Auslaufstrecken zu erheblich erhöhten Kosten. Des Weiteren können auch hier Ablagerungen und Verschmutzungen im Rohrleitungssystem zu einer Beeinträchtigung der Messung führen. Bei allen Durchflussmessgeräten gleichermaßen herrscht die Problematik des Biofouling.

[0011] Ultraschall-Durchflussmessgeräte werden vielfach in der Prozess- und Automatisierungstechnik eingesetzt. Sie erlauben in einfacher Weise, den Volumendurchfluss in einer Rohrleitung berührungslos zu bestimmen.

[0012] Die bekannten Ultraschall-Durchflussmessgeräte arbeiten entweder nach dem Doppler- oder nach dem Laufzeitdifferenz-Prinzip.

[0013] Beim Laufzeitdifferenz-Prinzip werden die unterschiedlichen Laufzeiten von Ultraschallimpulsen relativ zur Strömungsrichtung der Flüssigkeit ausgewertet. Hierzu werden Ultraschallimpulse sowohl in wie auch entgegen der Strömung gesendet. Aus der Laufzeitdifferenz lässt sich die Fließgeschwindigkeit und damit bei bekanntem Durchmesser des Rohrleitungsabschnitts der Volumendurchfluss bestimmen.

[0014] Beim Doppler-Prinzip werden Ultraschallwellen mit einer bestimmten Frequenz in die Flüssigkeit eingekoppelt und die von der Flüssigkeit reflektierten Ultraschallwellen ausgewertet. Aus der Frequenzverschiebung zwischen den eingekoppelten und reflektierten Wellen lässt sich ebenfalls die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit bestimmen. Reflexionen in der Flüssigkeit treten jedoch nur auf, wenn Luftbläschen oder Verunreinigungen in dieser vorhanden sind, so dass dieses Prinzip hauptsächlich bei verunreinigten Flüssigkeiten Verwendung findet.

[0015] Die Ultraschallwellen werden mit Hilfe so genannter Ultraschallwandler erzeugt bzw. empfangen. Hierfür sind Ultraschallwandler an der Rohrwandung des betreffenden Rohrleitungsabschnitts fest angebracht. Es sind auch Clamp-on-Ultraschall-Durch-

flussmesssysteme erhältlich, bei denen die Ultraschallwandler, z. B. mit einem Spannverschluss, an die Rohrwandung gepresst werden.

[0016] Wie bei der magnetisch induktiven Durchflussmessung sind auch Ultraschall Durchflussmessgeräte bekannt, die einen in ein Trägerrohr eingebrachten Liner aufweisen.

[0017] Bei Durchflussmessgeräten welche nach dem Coriolisprinzip arbeiten, sind, außer bei sehr kleinen Nennweiten, herkömmlicherweise trichterförmige Reduzierstücke vor und nach dem eigentlichen Messrohr angebracht, um das Messrohr mit kleinerer Nennweite in ein Rohrleitungssystem mit größerer Nennweite einzupassen. Es findet also eine Änderung des Querschnitts in Größe und teilweise der Form vor dem eigentlichen Messrohr statt. Diese Querschnittsänderungen führen zu einem Druckabfall, englisch Pressure-Drop genannt. Beim Messrohr ändert sich der Innendurchmesser in der Regel nicht.

[0018] Auch Coriolis Durchflussmesser werden in der industriellen Messtechnik zur Messung eines Durchflusses eines Mediums, z. B. einer Flüssigkeit oder eines Gases, in einem Rohrleitungsabschnitt eingesetzt.

[0019] Coriolis Durchflussmesser weisen im Allgemeinen ein Messrohr auf, das sich im Messbetrieb in dem Rohrleitungsabschnitt befindet und von dem Medium durchströmt wird. Das Messrohr wird in Schwingungen versetzt. Die Schwingung des Messrohres wird durch die hindurchströmende Flüssigkeit beeinflusst. Messrohr und Flüssigkeit bilden zusammen ein schwingungsfähiges System, das in der Regel auf seiner Resonanzfrequenz angeregt wird. Die resultierende Schwingungsbewegung des Messrohres wird üblicherweise durch zwei am Messrohr angeordnete Schwingungssensoren erfasst, deren Sensorsignale von einer Signalverarbeitung aufgenommen und aufbereitet werden. Anhand der aufbereiteten Sensorsignale wird der Durchfluss bestimmt. Die Sensorsignale weisen eine Frequenz auf, die gleich einer Frequenz der Schwingung des Messrohres ist. Sie sind jedoch gegeneinander phasenverschoben. Die Phasenverschiebung ist ein Maß für den Durchfluss des Mediums im Messrohr. Coriolis Durchflussmessgeräte messen üblicherweise den Massendurchfluss durch das Messrohr.

[0020] Ein- und Auslaufstrecken im Sinne von magnetisch induktiven Durchflussmessgeräten, Ultraschall- oder Vortex-Durchflussmessgeräten sind bei Coriolis Durchflussmessern nicht notwendig. Coriolis Durchflussmesser sind unempfindlich auf, z. B. durch Verwirbelungen, gestörte Strömungen, im Gegensatz zu den anderen erwähnten Messprinzipien. Sie lassen sich direkt nach Krümmungen einsetzen. Daher wird als Ein- bzw. Auslaufstrecke beim Coriolis

Durchflussmessgerät nur das jeweilige Reduzierstück vor bzw. nach dem eigentlichen Messrohr plus einem kurzen Bereich der Rohrleitung auf der Messrohr abgewandten Seite des jeweiligen Reduzierstücks bezeichnet. Ein- und Auslaufstrecke eines Coriolis Durchflussmessers unterliegen somit nicht den gleichen Kriterien wie bei den anderen erwähnten Messprinzipien.

[0021] Bei vielen im Handel erhältlichen Durchflussmessgeräten, wie z. B. den Promass F-Geräten von Endress + Hauser, sind die Reduzierstücke, welche ja nicht zum eigentlichen Messrohr gehören, Teil des Messgeräts. Nun soll das Messgerät um einen kurzen Bereich erweitert werden. Die Länge dieses Bereichs und damit die Länge der Ein- bzw. Auslaufstrecken hängen von der Nennweite des jeweiligen Messgeräts ab. Die Nennweite dieser Rohrstücke ist gleich der Nennweite des Rohrleitungssystems, in welches das Coriolis Durchflussmessgerät eingesetzt wird und deren Länge vor bzw. nach den trichterförmigen Reduzierstücken sollte ungefähr die Größe des Nenndurchmessers betragen. Für ein Messgerät mit Anschlussnennweite DN250 erweitert sich die Länge des Messgeräts auf beiden Seiten um ungefähr 25 cm. Ein- und Auslaufstrecken bei Coriolis-Durchflussmessgeräten sind die also die Rohrleitungsstrecken vor und nach dem eigentlichen Messrohr, die eine Nennweitenänderung beinhalten.

[0022] Bei magnetisch induktiven Messgeräten, Ultraschall- oder Vortex-Durchflussmessern zählt die Ein-/Auslaufstrecke nicht zum Messgerät und wird daher von den Messgeräteherstellern, wenn überhaupt, nur als Zubehör verkauft.

[0023] Bei Coriolis Durchflussmessern geht es also viel weniger um die Reduzierung von Rohrleitungsstrecken vor bzw. nach dem Messrohr, als vielmehr um die Reduzierung des Druckabfalls, hervorgerufen durch die Querschnittsänderungen.

[0024] Bei Coriolis Durchflussmessgeräten sind, z. B. aus der EP068571261, Verteilerstücke bekannt, welche der Aufteilung einer in einer Rohrleitung geführten Strömung, auf mindesten zwei Rohrleitungen, insbesondere Messrohre dienen. Besonders bei der Aufteilung eines einzigen Stroms auf mehrere Messrohre besteht das Problem eines deutlichen Druckabfalls.

[0025] Aus dem Stand der Technik ist weiterhin bereits bekannt, Längsrillen zur Strömungsoptimierung im Sinne einer Verringerung des turbulenten Reibungswiderstands einzusetzen. Es existieren zahlreiche Patentschriften für längs gerillte Oberflächen von Tragflächen oder Rumpfen von Flugzeugen und für andere über- bzw. durchströmte Körper und Patentschriften die beschreiben, wie diese Rillen beschaffen sind.

[0026] Eine Folie ist in der WO2004060662A1 beschrieben, welche parallele Rillen in einer bestimmten Richtung aufweist. Diese Folie kann auf verschiedene Oberflächen aufgebracht werden und damit Strömungseigenschaften eines über die Oberfläche in Längsrichtung der Rillen strömenden Fluids optimieren. Ein Anbringen dieser Folie in einem Rohr ist, vor allem bei kleinen Nennweiten, sehr aufwendig und schwierig. Bei Rohrsystemen, die Medien transportieren, welche Temperatur- und Druckschwankungen unterliegen können, muss die Verbindung zwischen Rohrwand und Folie besondere Eigenschaften aufweisen. Auch die Folie selbst muss gegenüber dem strömenden Medium gewisse Merkmale besitzen, wie z. B. chemische Inaktivität bzw. chemische Beständigkeit, vor allem bei Hygieneanwendungen. Eine Ablösung der Folie, insbesondere hervorgerufen durch Temperaturschwankungen oder Druckstöße, ist zu verhindern. Die WO2004060662A1 macht jedoch keine Angaben, die auf eine Lösung dieser Problematik schließen lassen. Des Weiteren ist eine solche Folie nicht oder nur sehr bedingt geeignet in einem, seinen Querschnitt ändernden Rohr angebracht zu werden.

[0027] In der WO03087251A1 wird ein mikrogerillter Schutzfilm offenbart, der insbesondere zum Schutz eines Fahrzeuglacks eingesetzt wird. Es werden Methoden zur Herstellung dieses mikrogerillten Schutzfilms detailliert erläutert. Ein solcher Schutzfilm wird mit der gerillten Oberfläche auf die zu schützende Fläche appliziert. Durch die besondere Form haftet dieser Schutzfilm auch an unebenen Flächen, wie z. B. rohrförmigen Innenwänden, und verhindert bspw. eine Ablösung bei Temperaturschwankungen. Riefen bzw. Mikrorillen auf der Oberfläche des Schutzfilms, welche der Fläche abgewandt ist, auf welcher der Schutzfilm appliziert ist, sind jedoch nicht vorgeschlagen. Eine Veränderung von Strömungseigenschaften eines darüber strömenden Mediums sind somit nicht möglich. Auch hier wird nicht die Problematik des Festsetzens von biologischen Organismen behandelt.

[0028] Die US4418578 zeigt ein Vortex-Durchflussmessgerät mit Längsrillen auf der dem Messmedium zugewandten Seite der Rohrwand zur Verminderung von Turbulenzen und Störungen im strömenden Messmedium. Die Längsrillen sind jedoch nur im Messrohr vorgesehen. Dadurch werden durch Krümmungen oder Querschnittsveränderungen hervorgerufene Strömungsverwirbelungen oder durch Querschnittsveränderungen verursachte Druckverluste vor dem eigentlichen Messrohr nicht wesentlich reduziert. Eine bedeutende Verkürzung der Ein-/Auslaufstrecken ist somit nicht möglich. Das Problem des Biofoulings wird ebenfalls nicht angegangen.

[0029] Auch nanostrukturierte Oberflächen, Stichwort Lotuseffekt, sind bereits bekannt, um Ablagerun-

gen von Schmutz schnell und einfach zu beseitigen. Ein Beispiel dafür ist in der US6435025 gezeigt. Solche nanostrukturierten Oberflächen sind aber weder geeignet die Strömung des Messmediums nach Krümmern oder Querschnittsveränderungen zu beruhigen oder Druckverluste zu verhindern bzw. zu minimieren, noch verhindern sie das Festsetzen von biologischen Organismen an der Oberfläche.

[0030] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung des Durchflusses eines Messmediums durch ein Messrohr vorzuschlagen, die zu einer Verringerung der Ein- und Auslaufstrecken vor bzw. nach einem Messrohr und/oder zu einer Verminderung von Ablagerungen von biologischen Organismen im Rohrsystem führt.

[0031] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass das Messrohr aus einem Polymer besteht und strömungsparallele Riefen in der einem Messmedium zugewandten Seite aufweist oder dass das Messrohr mit einem im Lumen eingebrachten, aus einem Polymer bestehenden, rohrförmigen Liner zum Führen des Messmediums ausgekleidet ist, welcher strömungsparallele Riefen in der dem Messmedium zugewandten Seite aufweist.

[0032] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist das Messrohr im wesentlichen strömungsorthoonale Riefen in der dem Messmedium zugewandten Seite auf oder der im Lumen eingebrachte Liner weist im wesentlichen strömungsorthoonale Riefen in der dem Messmedium zugewandten Seite auf, wobei die im wesentlichen strömungsorthonalen Riefen im Querschnitt im wesentlichen trapezoide Form annehmen und wobei die Breite der im wesentlichen strömungsorthonalen Riefen klein ist, im Vergleich zu der Breite der strömungsparallelen Riefen und/oder wobei die Tiefe der im wesentlichen strömungsorthonalen Riefen klein ist, im Vergleich zu der Tiefe der strömungsparallelen Riefen.

[0033] Eine ergänzende Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, dass die strömungsorthonalen Riefen und die strömungsparallelen Riefen in Größe, Form und/oder Oberflächenbeschaffenheit über den Rohrdurchmesser und/oder über die Rohrlänge variieren.

[0034] Weiterhin wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass ein als rohrförmiges Element ausgebildeter Messrohreinlauf und/oder ein als rohrförmiges Element ausgebildeter Messrohrauslauf strömungsparallele Riefen in der dem Messmedium zugewandten Seite aufweist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist kostengünstig herzustellen, kann für unterschiedliche Anwendungen aus dafür bestimmten Materialien hergestellt sein und ermöglicht neben einer Reduktion

der Rohrleitungslängen und einer geringeren Beeinflussung der Strömung durch den Einsatz des Messgeräts, einen weitaus geringeren Aufwand zur Reinigung der Rohrleitungen.

[0035] Die wesentliche Idee der Erfindung besteht darin, dass durch die Längsrillen die Strömung bzw. der Durchfluss so weit optimiert wird, dass die Ein- und/oder Auslaufstrecken für Durchflussmessgeräte, insbesondere für magnetisch induktive Durchflussmessgeräte oder für Durchflussmessgeräte die auf der Basis von Ultraschall oder nach dem Vortex Prinzip arbeiten, verkleinert werden können und der Druckverlust im Messmedium, der durch Querschnittsveränderungen vor oder nach einem Durchflussmessgerät, insbesondere bei Coriolis Durchflussmessgeräten, hervorgerufen wird, wesentlich reduziert werden kann. Weiterhin werden durch die Längsrillen die Verschmutzung in der Rohrleitung und die Ablagerungen bzw. Festsetzungen von biologischen Organismen in der Rohrleitung stark verringert.

[0036] Die dadurch bedingten Messfehler werden auf ein Minimum reduziert und gleichzeitig wird eine hohe Zuverlässigkeit des Messsystems erreicht. Durch die Reduktion der Rohrleitungslängen und durch die Verlängerung der Wartungs- bzw. Reinigungsintervalle ergeben sich deutliche Kosteneinsparungen.

[0037] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist das Messrohr strömungsparallele Riefen in der dem Messmedium zugewandten Seite auf.

[0038] Die Tiefe und die Abstände der einzelnen Riefen hängen stark von den Einsatzbedingungen der Vorrichtung ab. So haben neben der Strömungsgeschwindigkeit des Messmediums und der Längsposition der Riefen im Rohr, auch die Eigenschaften des Messmediums selbst, z. B. dessen Viskosität, großen Einfluss auf die optimale Ausgestaltung der Riefen.

[0039] Nach einer weiteren sehr vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind die strömungsparallelen Riefen entsprechend ihrer Einsatzparameter in Größe und Form ausgearbeitet. Ihre Form und die weiteren geometrischen Parameter ergeben sich aus einer Funktion aus Viskosität des Messmediums ν und der Strömungsgeschwindigkeit des Messmediums u bzw. der sich daraus ergebenden Reynoldszahl Re und aus der Dichte ρ , dem Druck p , dem Rohrdurchmesser D , der Rohrlänge L und der Position x der Riefen in Strömungsrichtung im Rohr, also ihrer Längsposition, der Beschleunigung a , respektive der Erdbeschleunigung g und der Oberflächenrauheit R . Dabei können die Werte von Druck, Dichte, Geschwindigkeit, Position oder

deren Änderungen über die Rohrlänge gemittelt einfließen und/oder die aktuellen Werte angenommen werden.

[0040] Die Maße der Riefen bewegen sich grob im Bereich von wenigen Mikrometern zu mehreren hundert Mikrometern. Daher werden die Riefen auch Mikrorillen genannt. Sie weisen meist eine im wesentlichen konstante Form und Größe über ihre Länge auf.

[0041] Eine vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Variante besteht darin, dass sich die Größe und Form der Riefen über die Länge der Rohrleitung ändert, d. h. dass die Position der Riefen in der Rohrleitung ausschlaggebend für Form und Größe der Riefen ist. Eine exakte Formel für Berechnung der optimalen Riefe soll hier nicht angegeben werden. Die geometrische Größe s , wie in **Fig. 3** gezeigt, berechnet sich als Funktion aus genannten Einflussgrößen. $s = f(v, u, p, p, D, L, x, a, R)$ bzw. $s = f(dv, du, dp, dp, dD, L, x, da, R)$.

[0042] Neben regelmäßigen, lamellenartigen Mikrostrukturen als Oberflächen mit hoher Antifoulingwirksamkeit weisen sich Substrate aus elastischem Material und niedriger Oberflächenenergie von 10 bis 50 mN/m auf. Darüber hinaus kommt es auf die Rauigkeit bzw. auf die Rautiefe an.

[0043] Materialien hoher Oberflächenenergie werden leicht durch Materialien geringer Oberflächenenergie bedeckt bzw. benetzt, aber nicht umgekehrt. Als grobe Regel kann gelten, dass Materialien mit starken Bindungen, also mit meist hohem Schmelz- und Siedepunkt, höhere Oberflächenenergien als schwächer gebundene Materialien haben.

[0044] Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass sich biologische Organismen weniger häufig auf einer geriefen Fläche festsetzen. Dieser Effekt wird noch um ein Vielfaches verstärkt, wenn die Riefen auf der Fläche eine gewisse „Weichheit“ besitzen.

[0045] Gegen das Festsetzen der biologischen Organismen nützliche Maße sind im mittleren Mikrometerbereich, je nach Einsatzbedingungen und Messmedium. Die Tiefe einer Riefe beträgt dabei bis zu 1 mm. Der Abstand der Riefen zueinander beträgt höchstens 2 mm, Wirksam sind insbesondere Tiefen kleiner 0,06 mm und Abstände der Riefen zueinander kleiner 0,08 mm. Die minimale Tiefe der Riefen beträgt 0,02 mm und der kleinste Abstand 0,01 mm. Eine Tiefe größer 0,03 mm und ein Abstand von mindestens 0,02 mm sind besonders wirkungsvoll. Für die Optimierung der Strömung haben die Riefen bevorzugt eine Tiefe kleiner 5 mm, insbesondere kleiner 2 mm. Gleichzeitig besitzen die Riefen Abstände zueinander von bis zu 10 mm, insbesondere höchstens 4 mm. Als Mindesttiefe der Riefen gelten 0,01 mm,

bevorzugt Verwendung finden mindestens 0,02 mm. Der minimale Abstand beträgt 0,01 mm, besonders wirksam sind Abstände ab 0,02 mm. Daraus ergeben sich die bevorzugten Maße von 0,01 bis 10 mm für Riefenabstand und -tiefe. Der Abstand der Riefen wird von der Mitte der jeweiligen Riefen aus bemessen, wie in **Fig. 3** dargestellt.

[0046] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung schlägt vor, dass die verwendeten Materialien eine gewisse Elastizität bzw. Nachgiebigkeit, also eine gewisse „Weichheit“ aufweisen, welche einen positiven Beitrag zur Verhinderung bzw. Verminderung des Festsetzens der biologischen Organismen liefert. Dabei sind diese Werkstoffe ausreichend Druckfest für die jeweiligen Anwendungen.

[0047] Im erfindungsgemäßen Einsatz der Vorrichtung können mehrachsige Spannungszustände an der geriefen Oberfläche auftreten. Eine exakte Umschreibung des Werkstoffverhaltens unter diesen Umständen ist äußerst schwierig und lässt somit keine Angabe von wenigen, nachprüfbaren Kennwerten zu. Weiterhin existieren eine Reihe von mechanischen Härteprüfungen und damit viele spezielle Materialkennwerte. Deshalb sollen hier weder Werte für die mechanische Druck- oder Zugfestigkeit noch für die Härte des Materials angegeben werden. Auch auf die Angabe von Materialkennwerten wie z. B. Elastizitätsmodul oder Poissonzahl wird verzichtet.

[0048] Vorteilhaft werden isotrope Materialien eingesetzt, deren Verhalten unter Druck dem von den genannten Polymerwerkstoffen ähnelt. Alternativ können auch Edelstähle, wie z. B. Nickelbasislegierungen, vorteilhaft eingesetzt werden.

[0049] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Lösung ist darin zu sehen, dass die Oberflächen der Riefen eine gewisse Rauigkeit aufweisen bzw. selbst nanostrukturiert sind. Beim so genannten Lotuseffekt sind Erhebungen bis zu 100 µm hoch und bis zu 200 µm voneinander entfernt. Bevorzugt werden Erhebungen mit maximal 20 µm Höhe eingesetzt. Die Mindesthöhe beträgt 1 µm. Bevorzugt werden Erhebungen mit einer Höhe größer 5 µm eingesetzt. Weiterhin bevorzugt beträgt ihr Abstand bis zu 50 µm zueinander. Die minimalen Abstände der Erhebungen zueinander betragen 1 µm, bevorzugt sind Abstände ab 5 µm zueinander. Eine solche Oberflächenbeschaffenheit ist z. B. durch eine Schicht aus Lack oder Farbe mit Nanopartikeln oder durch Aufdampfen oder Aufsprühen entsprechender Partikel zu erreichen. Natürlich besitzen die Nanopartikel dabei eine Größe, welche die geriefte Struktur in ihrer Form nicht wesentlich verändern bzw. die Funktion der Strömungsoptimierung der geriefen Struktur nicht negativ beeinflusst. Dafür besitzen die Nanopartikel eine charakteristische mitt-

lere Größe von maximal 25% der Riefebreite, vorzugsweise sind sie kleiner 10% der Riefebreite, insbesondere sind sie kleiner 5% der Riefenbreite.

[0050] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist darin zu sehen, dass der Messrohreinlauf als ein rohrförmiges Element ausgestaltet ist, mit einem Durchmesser, wobei der Durchmesser über die Länge des Messrohreinlaufs von der Einlassseite bis zur Auslassseite in Größe und Form variieren kann und/oder dass der Messrohrerauslauf als ein rohrförmiges Element mit einem Durchmesser ausgestaltet ist, wobei der Durchmesser über die Länge des Messrohrerauslaufs von der Einlassseite bis zur Auslassseite in Größe und Form variieren kann. Dadurch ist bspw. ein Messrohr mit kleinerer Nennweite an eine Rohrleitung mit entsprechend größerer Nennweite anschließbar. Die Riefen in diesen konisch verlaufenden rohrförmigen Elementen tragen wesentlich zur Verminderung des so genannten Pressure-Drops bei.

[0051] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist darin begründet, dass der Messrohreinlauf bzw. der Messrohrerauslauf als ein Verteilerstück ausgestaltet ist, welches einen einzigen Strom des Messmediums auf mindestens zwei Messrohre aufteilt bzw. eine auf mindestens zwei Messrohre aufgeteilte Strömung zu einem einzigen Strom vereint. Dazu weist ein Einlassverteilerstück mindestens eine Bohrung auf der Einlassseite und mindestens zwei Bohrungen auf der Auslassseite auf. Ein Auslassverteilerstück hingegen weist mindestens zwei Bohrungen auf der Einlassseite und mindestens eine Bohrung auf der Auslassseite auf. Bevorzugt ist der Messrohreinlauf also als ein Einlassverteilerstück ausgestaltet und der Messrohrerauslauf ist als ein Auslassverteilerstück ausgestaltet, wobei mindestens zwei Messrohre, insbesondere parallele und gerade Messrohre, insbesondere gleicher lichter Weite und gleicher Wandstärke, an jeweils beiden Enden in parallelen Bohrungen im Einlassverteilerstück bzw. in parallelen Bohrungen im Auslassverteilerstück fixiert sind. Dadurch ist eine, insbesondere gleichmäßige Aufteilung, von einer ankommenden Strömung auf mindestens zwei Messrohre bzw. die Vereinigung des Fluids zu einem einzigen Strom gewährleistet. Die Messrohre werden somit durch das Verteilerstück strömungstechnisch parallel geschaltet. Die Form eines solchen Verteilerstücks ist sehr komplex. Die bekannten Formen aus dem Stand der Technik sind meist schon strömungstechnisch optimiert. Eine weitere Verbesserung ist durch die Verwendung von erfindungsgemäßen Riefen zu erwarten.

[0052] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die strömungsparallelen Riefen im Querschnitt im wesentlichen trapezoide Form annehmen. Scharfe Ecken und Kanten im Mikrometerbereich herzustellen

ist, insbesondere mit den unten aufgeführten Herstellungsverfahren, nur schwer bzw. nur sehr aufwendig möglich. Daher beeinträchtigen gewissen Radien bzw. Rundungen die Erfindung nicht. Bei einem bevorzugten, unten genannten Herstellungsverfahren werden die Riefen mittels eines Prägewerkzeugs welches Drähte aufweist, insbesondere mit einem Drahtgeflecht, eingebrannt. Da ein runder Draht verwendet wird ist eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung darin zu sehen, dass die Riefen im Querschnitt runde Form annehmen.

[0053] Eine zweckmäßige Ausgestaltung der Lösung der Erfindung ist, dass der Messrohreinlauf und/oder der Messrohrerauslauf und/oder das Messrohr im wesentlichen strömungsorthogonale Riefen in der dem Messmedium zugewandten Seite aufweist. Sie sind bevorzugt in einem Winkel von 90° zu den strömungsparallelen Riefen angeordnet. Dies soll jedoch nur einen Anhaltspunkt für die Ausrichtung der Vertiefungen geben. Es sind verschiedene Winkel, je nach Einsatzbedingungen, zwischen 60° und 120° möglich.

[0054] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die im wesentlichen strömungsorthogonalen Riefen im Querschnitt im wesentlichen trapezoide Form annehmen und dass die Breite der im wesentlichen strömungsorthogonalen Riefen klein ist, im Vergleich zu der Breite der strömungsparallelen Riefen und/oder dass die Tiefe der im wesentlichen strömungsorthogonalen Riefen klein ist, im Vergleich zu der Tiefe der strömungsparallelen Riefen. Die strömungsorthogonalen Riefen haben einen positiven Effekt auf die Antifouling-eigenschaften der Oberfläche und sind dabei nicht tiefer als die strömungsparallelen Riefen, da sonst ein negativer Effekt auf die Strömungseigenschaften der Oberfläche auftreten kann. Bei gleicher oder geringerer Tiefe liefern die strömungsorthogonalen Riefen keinen oder einen geringen Beitrag zur Verbesserung der Strömung des Messmediums. Ihr Abstand zueinander ist bevorzugt gleich dem Abstand der strömungsparallelen Riefen oder etwas größer. Für die strömungsorthogonalen Riefen gelten ansonsten die gleichen Abhängigkeiten, jedoch in unterschiedlicher Weise, in Bezug auf Größe und Form, wie sie für die strömungsparallelen Riefen offenbart wurden. Dies wird in [Fig. 4](#) näher erläutert.

[0055] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, dass der Messrohreinlauf und/oder der Messrohrerauslauf und/oder das Messrohr aus einem Polymer, insbesondere Hartgummi, Polyurethan oder fluorierten Kunststoffen, wie z. B. PFA oder PTFE, bestehen, da diese Werkstoffe gute chemische und mechanische Eigenschaften und eine gute Verarbeitbarkeit aufweisen oder dass der Messrohreinlauf und/oder der Messrohrerauslauf und/oder das Messrohr einen in ih-

rem Lumen eingebracht, aus einem Polymer, insbesondere Hartgummi, Polyurethan oder fluorierten Kunststoffen, wie z. B. PFA oder PTFE, bestehenden, rohrförmigen Liner zum Führen des Messmediums aufweisen.

[0056] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung ist, dass der Messrohreinlauf und/oder der Messrohrauslauf und/oder das Messrohr aus einem im wesentlichen metallischen Werkstoff bestehen.

[0057] Eine Variante der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass die Rohrleitung bzw. das Messrohr und/oder der Messrohreinlauf und/oder der Messrohrauslauf aus einem Nichteisenmetall oder einer Nichteisenmetalllegierung bestehen. Diese Materialien weisen für verschiedene Anwendungen Vorteile auf, z. B. sind sie nicht magnetisch und in vielen Einsatzgebieten wie z. B. Pharmazie oder Lebensmittelchemie einsetzbar.

[0058] Eine vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung ist, dass die strömungsparallelen und/oder strömungsorthogonalen Riefen durch ein Verfahren hergestellt sind, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die Formen, Schleifen, Abtragen, Schneiden und Ätzen umfasst.

[0059] Eine sehr vorteilhafte Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist darin zu sehen, dass die strömungsparallelen und/oder strömungsorthogonalen Riefen unter Verwendung eines Gussverfahrens, insbesondere eines Druck- oder Spritzgussverfahrens hergestellt sind. Insbesondere bei einer Rohrleitung bzw. Ein- und/oder Auslaufstrecken bzw. einem Messrohr aus Polymer bzw. einem eingebetteten Liner aus Polymer.

[0060] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist, dass die strömungsparallelen und/oder strömungsorthogonalen Riefen unter Verwendung eines Filmkontaktabbildungsverfahrens oder eines elektrochemischen Abscheidungsverfahrens hergestellt sind.

[0061] Eine weitere vorteilhafte Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist darin zu sehen, dass die strömungsparallelen und/oder strömungsorthogonalen Riefen unter Verwendung eines Pressverfahrens hergestellt sind.

[0062] Eine sehr vorteilhafte Variante der erfindungsgemäßen Lösung ist darin zu sehen, dass die strömungsparallelen und/oder strömungsorthogonalen Riefen unter Verwendung eines Einbrennverfahrens, Laserschneidverfahrens oder eines Laserbrennverfahrens hergestellt sind. Das Einbrennen kann dabei vor allem mit einem Drahtgeflecht erfolgen.

[0063] Des Weiteren ist eine Kombination aus den genannten Verfahren denkbar.

[0064] Eine sehr vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, dass eine Folie auf der dem Messmedium zugewandten Seite des Messrohreinlaufs und/oder des Messrohrauslaufs und/oder des Messrohrs befestigt ist, welche die strömungsparallelen und/oder die strömungsorthogonalen Riefen auf der dem Messmedium zugewandten Seite der Folie bereits enthält. Die Folie besteht dabei bevorzugt aus elastischem Material und ist einfach und kostengünstig aufzubringen.

[0065] Jedoch ist bei konisch verlaufendem rohrförmigen Elementen ein Auftragen einer Folie nicht oder nur sehr schwer möglich. Auch bei Rohren mit kleinen Nennweiten ist dies aufwendig. Deshalb wird bei solchen Ausführungen bevorzugt ein Liner mit Riefen eingezo-gen.

[0066] Die Erfindung und ausgewählte Ausführungsbeispiele werden anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert. Zur Vereinfachung sind in den Zeichnungen identische Teile mit dem gleichen Bezugszeichen versehen worden. Es zeigt

[0067] [Fig. 1](#) eine Schnittdarstellung eines Messrohrs mit strömungsparallelen Riefen,

[0068] [Fig. 2](#) ein Messrohr zwischen einem Messrohreinlauf und einem Messrohrauslauf,

[0069] [Fig. 3](#) mehrer Detaildarstellungen von Querschnitten verschiedener Riefenformen in Abhängigkeit von Geometrieparameter s ,

[0070] [Fig. 4](#) perspektivisch eine Oberfläche mit strömungsparallelen und strömungsorthogonalen Riefen,

[0071] [Fig. 5](#) ein Trapez.

[0072] In der Schnittdarstellung in [Fig. 1](#) eines Messrohrs **1** mit strömungsparallelen Riefen **3** in der dem Messmedium **2** zugewandten Seite des Messrohrs **1**, besteht das Messrohr **1** aus einem Trägerrohr **6** mit einem darin eingebrachten Liner **5**. Es sind lediglich strömungsparallele Riefen **3** dargestellt. Strömungsorthogonale Riefen **4** werden nicht gezeigt. Bei dem Messrohr **1** handelt es sich um ein im Querschnitt in Form und Größe näherungsweise über seine Länge konstantes Rohr. Die strömungsparallelen Riefen **3** nehmen eine im Querschnitt dreieckige Form an. Dies ist eine extreme Ausprägung einer trapezoiden Form.

[0073] [Fig. 2](#) zeigt ein Messrohr **1** mit einem konisch ausgebildeten Messrohreinlauf **8** und einem konisch ausgebildeten Messrohrauslauf **9**. Hier ist

gerades Messrohr **1** dargestellt. Das Messrohr **1** kann jedoch auch gebogen oder in seinem Querschnitt veränderlich ausgestaltet sein. Der Innendurchmesser **14** des Rohrsystems variiert somit über die Länge des Rohrsystems. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf die Darstellung von Riefen sowohl bei dem Messrohreinlauf **8** und bei dem Messrohrauslauf **9**, als auch beim Messrohr **1** selbst verzichtet. Auch ein Liner oder eine eingebrachte Folie sind nicht dargestellt. Die Einlassseite des Messrohrs **1** ist gleichzeitig die Auslassseite **10** des Messrohreinlaufs und gleichermaßen ist die Auslassseite des Messrohrs **1** die Einlassseite **11** des Messrohrauslaufs.

[0074] In **Fig. 3** sind mehrere Detaildarstellungen von Querschnitten verschiedener Riefenformen gezeigt. Die gerieften Oberflächen sind der Einfachheit halber eben dargestellt, eine Näherung eines genügend großen Rohrdurchmessers mit vergleichsweise sehr kleinen Riefen. **Fig. 3** wird zusammen mit dem in **Fig. 5** dargestellten Trapez und dessen bestimmenden Geometrieparametern erläutert. b kennzeichnet die Breite der Riefe, welche vorteilhaft zwischen 0 und 2 mm liegt. In Bezug zu **Fig. 5** entspricht b der zweiten Trapezbasisseite w zwischen den Trapezeckpunkten C und D. Ein Trapez besteht definitionsgemäß aus zwei parallelen Seiten, Trapezbasisseiten genannt, hier mit u und w gekennzeichnet und zwei weiteren Seiten, hier v und z , welche unter den Winkeln α , δ bzw. β , γ die Trapezbasisseiten zu einem Vieleck verbinden und Trapezschenkel genannt werden. Nicht betrachtet wird hier die Rohrkrümmung. Dadurch kommt es zu gekrümmten Seiten. Des Weiteren ist auch eine über die Riefenbreite b variierende Tiefe t denkbar, womit die Seite w nicht mehr parallel zu u ist, wie in **Fig. 3f** dargestellt. Die Winkel α , δ , β , γ können unterschiedlich groß sein. Sie bestimmen maßgeblich die Form der Riefe, sind aber der Einfachheit halber nicht in **Fig. 3** aufgenommen.

[0075] Vorteilhaft ist b abhängig von dem Riefenabstand s , $b = f(s)$. t kennzeichnet die Riefentiefe, welche der Trapezhöhe h in **Fig. 5** entspricht und t ist ebenfalls vorteilhaft abhängig von s , $t = f(s)$. In einer alternativen Ausgestaltung hängen die Riefenform und die Geometrieparameter b , s , t von den durch die jeweiligen Einsatzbedingungen bedingten unterschiedlichen Parametern ab.

[0076] **Fig. 3a** zeigt ein rechteckiges Querschnittsprofil einer gerieften Oberfläche, wobei die Breite der Riefen b und ihr Abstand s , welcher von der Mitte der jeweiligen Riefe zur Benachbarten aus bemessen wird, nahezu gleich groß sind, was zu einem sehr dünnen Steg zwischen den Riefen führt. Dies ist eine Extremform eines Trapezes. Eine Weitere ist in **Fig. 3b** dargestellt. Die Riefen nehmen im Querschnitt dreieckige Form an. Die Länge der Trapezbasisseite u ist Null. Ohne die Beschränkung, dass die

Trapezbasisseiten u und w parallel sein müssen, kann jede Seite oder jeder Winkel im Trapez Null werden.

[0077] Die **Fig. 3c**, **Fig. 3d** und **Fig. 3e** zeigen weitere Ausführungsbeispiele.

[0078] In **Fig. 3f** ist ein Profil zu sehen, wobei nicht der theoretische Querschnitt dargestellt ist, sondern die technisch realisierbare Ausführung. Die Ecken und Kanten sind abgerundet, also die Trapezwinkel und die Winkel zu den umgebenden Kanten sind nicht scharf sondern rund. So kann bei kleinen Riefen auch ein rundes Profil entstehen.

[0079] Die Profile gelten gleichermaßen für strömungsparallele und strömungorthogonale Riefen. Zur Unterscheidung erhalten die Geometrieparameter einen Index, wie in **Fig. 4** beschrieben.

[0080] **Fig. 4** zeigt perspektivisch eine Oberfläche mit strömungsparallelen und strömungorthogonalen Riefen. Dabei ist, wie zuvor in **Fig. 3** und aus Gründen der Übersichtlichkeit, die geriefte Oberfläche als ebene Fläche dargestellt. Die Breite b_o und die Tiefe t_o der strömungorthogonalen Riefen sind abhängig vom Abstand s_o , der seinerseits eine Funktion der oben genannten Parameter darstellt oder sie sind Abhängig von den Geometrieparametern der strömungsparallelen Riefen, $s_o = f(s_p)$. Es ist gezeigt, dass die Breite b_o und die Tiefe t_o der strömungorthogonalen Riefen klein ist im Vergleich zur Breite b_p und zur Tiefe t_p der strömungsparallelen Riefen. Die trapezoiden Riefen haben hier einen rechteckigen Querschnitt.

Bezugszeichenliste

1	Messrohr
2	Messmedium
3	strömungsparallele Riefe
4	strömungorthogonale Riefe
5	Liner
6	Trägerrohr
7	Radien
8	Messrohreinlauf
9	Messrohrauslauf
10	Auslassseite des Messrohreinlaufs
11	Einlassseite des Messrohrauslaufs
12	Einlassseite des Messrohreinlaufs
13	Auslassseite des Messrohrauslaufs
14	Innendurchmesser des Rohrsystems
15	Verteilerstück
A	erster Trapezeckpunkt
B	zweiter Trapezeckpunkt
C	dritter Trapezeckpunkt
D	vierter Trapezeckpunkt
b	Riefenbreite
b_o	Breite der strömungorthogonalen Riefe
b_p	Breite der strömungsparallelen Riefe

h	Trapezhöhe
s	Riefenabstand
s_o	Abstand der strömungsorthogonalen Riefe
s_p	Abstand der strömungsparallelen Riefe
t	Riefentiefe
t_o	Tiefe der strömungsorthogonalen Riefe
t_p	Tiefe der strömungsparallelen Riefe
u	erste Trapezbasisseite
v	erster Trapezschenkel
w	zweite Trapezbasisseite
z	zweiter Trapezschenkel
α	erster Trapezwinkel
β	zweiter Trapezwinkel dritter Trapezwinkel vierter Trapezwinkel

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- EP 068571261 [0024]
- WO 2004060662 A1 [0026, 0026]
- WO 03087251 A1 [0027]
- US 4418578 [0028]
- US 6435025 [0029]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Durchflusshandbuch der Endress + Hauser Flowtec AG, 4. Auflage von 2003, auf den Seiten 55 bis 195 [0002]

Patentansprüche

1. Messrohr (1), insbesondere zur magnetisch induktiven Durchflussmessung, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messrohr (1) aus einem Polymer besteht und strömungsparallele Riefen (3) in der einem Messmedium (2) zugewandten Seite aufweist oder dass das Messrohr (1) mit einem im Lumen eingebrachten, aus einem Polymer bestehenden, rohrförmigen Liner (5) zum Führen des Messmediums (2) ausgekleidet ist, welcher strömungsparallele Riefen (3) in der dem Messmedium (2) zugewandten Seite aufweist.

2. Messrohr (1) nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das Messrohr (1) im wesentlichen strömungsorthogonale Riefen (4) in der dem Messmedium (2) zugewandten Seite aufweist oder dass der im Lumen eingebrachte Liner (5) im wesentlichen strömungsorthogonale Riefen (4) in der dem Messmedium (2) zugewandten Seite aufweist.

3. Messrohr (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die strömungsparallelen Riefen (3) im Querschnitt im wesentlichen trapezoide Form annehmen und/oder die im wesentlichen strömungsorthogonalen Riefen (4) im Querschnitt im wesentlichen trapezoide Form annehmen, wobei die Breite (b_p) der im wesentlichen strömungsorthogonalen Riefen (4) klein ist, im Vergleich zu der Breite (b_p) der strömungsparallelen Riefen (3) und/oder wobei die Tiefe (t_p) der im wesentlichen strömungsorthogonalen Riefen (4) klein ist, im Vergleich zu der Tiefe (t_p) der strömungsparallelen Riefen (3).

4. Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung des Durchflusses eines Messmediums (2) durch ein Messrohr (1), dadurch gekennzeichnet, dass ein als rohrförmiges Element ausgebildeter Messrohreinlauf (8) und/oder ein als rohrförmiges Element ausgebildeter Messrohrauslauf (9) strömungsparallele Riefen (3) in der dem Messmedium (2) zugewandten Seite aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Messrohr (1) strömungsparallele Riefen (3) in der dem Messmedium (2) zugewandten Seite aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Messrohreinlauf (8) als ein rohrförmiges Element ausgestaltet ist, mit einem Durchmesser, wobei der Durchmesser über die Länge des Messrohreinlaufs (8) von der Einlassseite (12) bis zur Auslassseite (10) in Größe und Form variieren kann und/oder dass der Messrohrauslauf (9) als ein rohrförmiges Element mit einem Durchmesser (14) ausgestaltet ist, wobei der Durchmesser (14) über die Länge des Messrohrauslaufs (9) von der Einlassseite (11) bis zur Auslassseite (13) in Größe und Form va-

riieren kann.

7. Vorrichtung nach Ansprüchen 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Messrohreinlauf (8) bzw. der Messrohrauslauf (9) als ein Verteilerstück (15) ausgestaltet ist, welches einen einzigen Strom des Messmediums auf mindestens zwei Messrohre aufteilt bzw. eine auf mindestens zwei Messrohre aufgeteilte Strömung zu einem einzigen Strom vereint.

8. Vorrichtung nach Ansprüchen 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die strömungsparallelen Riefen (3) im Querschnitt im wesentlichen trapezoide Form annehmen.

9. Vorrichtung nach Ansprüchen 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Messrohreinlauf (8) und/oder der Messrohrauslauf (9) und/oder das Messrohr (1) im wesentlichen strömungsorthogonale Riefen (4) in der dem Messmedium zugewandten Seite aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die im wesentlichen strömungsorthogonalen Riefen (4) im Querschnitt im wesentlichen trapezoide Form annehmen und dass die Breite (b_p) der im wesentlichen strömungsorthogonalen Riefen (4) klein ist, im Vergleich zu der Breite (b_p) der strömungsparallelen Riefen (3) und/oder dass die Tiefe (t_p) der im wesentlichen strömungsorthogonalen Riefen (4) klein ist, im Vergleich zu der Tiefe (t_p) der strömungsparallelen Riefen (3).

11. Vorrichtung nach Ansprüchen 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Messrohreinlauf (8) und/oder der Messrohrauslauf (9) und/oder das Messrohr (1) aus einem im wesentlichen metallischen Werkstoff bestehen.

12. Vorrichtung nach Ansprüchen 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Messrohreinlauf (8) und/oder der Messrohrauslauf (9) und/oder das Messrohr (1) aus einem Polymer bestehen oder dass der Messrohreinlauf (8) und/oder der Messrohrauslauf (9) und/oder das Messrohr (1) einen in ihrem Lumen eingebrachten, aus einem Polymer bestehenden, rohrförmigen Liner (5) zum Führen des Messmediums (2) aufweisen.

13. Vorrichtung nach Ansprüchen 4 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Folie auf der dem Messmedium zugewandten Seite des Messrohreinlaufs (8) und/oder des Messrohrauslaufs (9) und/oder des Messrohrs (1) befestigt ist, welche die strömungsparallelen und/oder die strömungsorthogonalen Riefen (3, 4) auf der dem Messmedium (2) zugewandten Seite der Folie bereits enthält.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

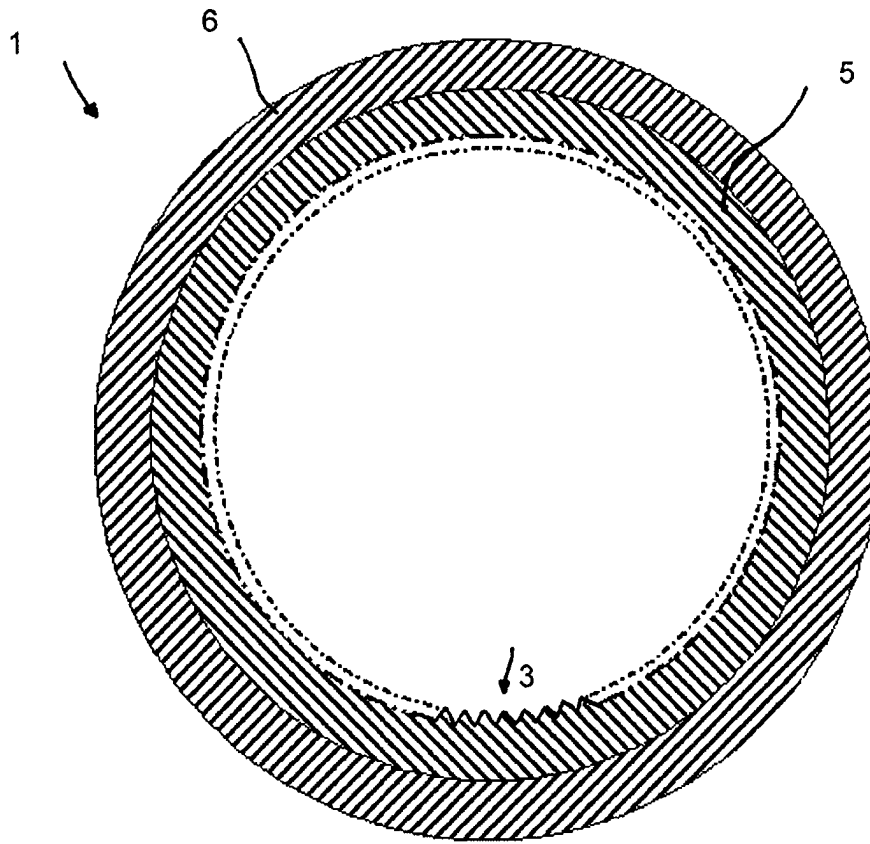


Fig.1

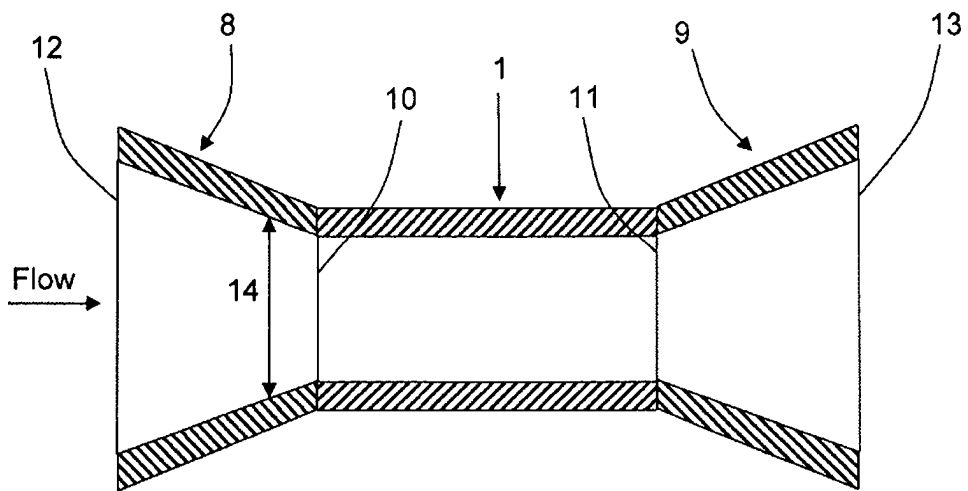


Fig.2

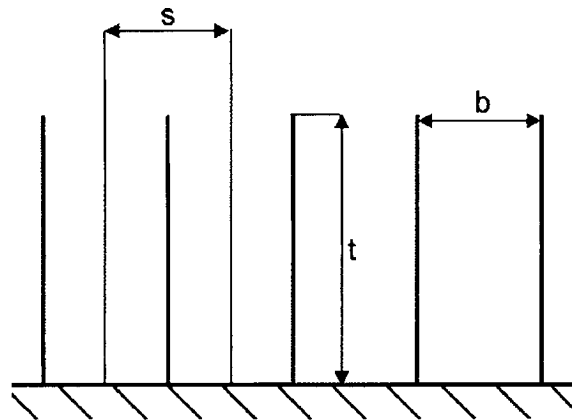


Fig.3a

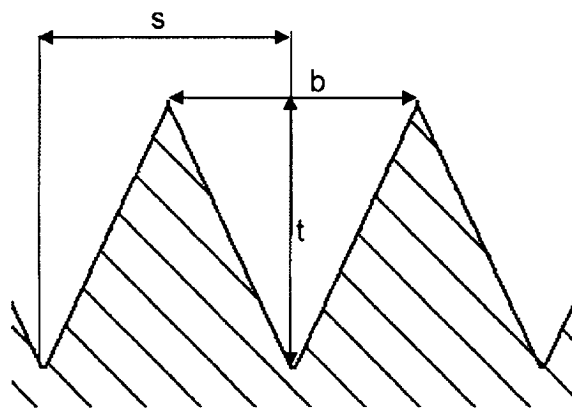


Fig.3b

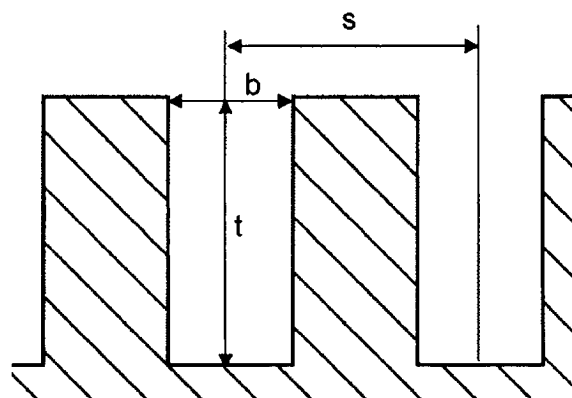


Fig.3c

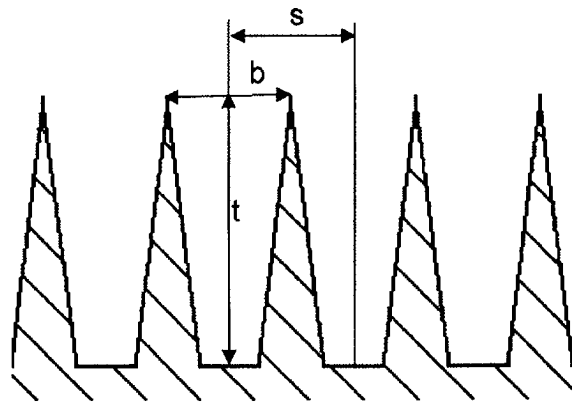


Fig.3d

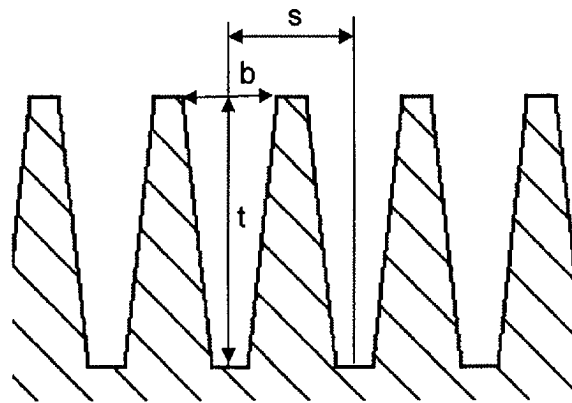


Fig.3e

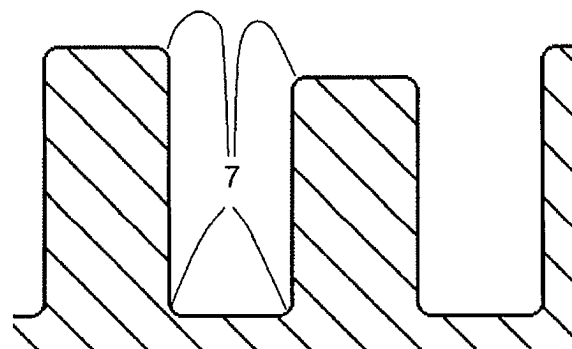


Fig.3f

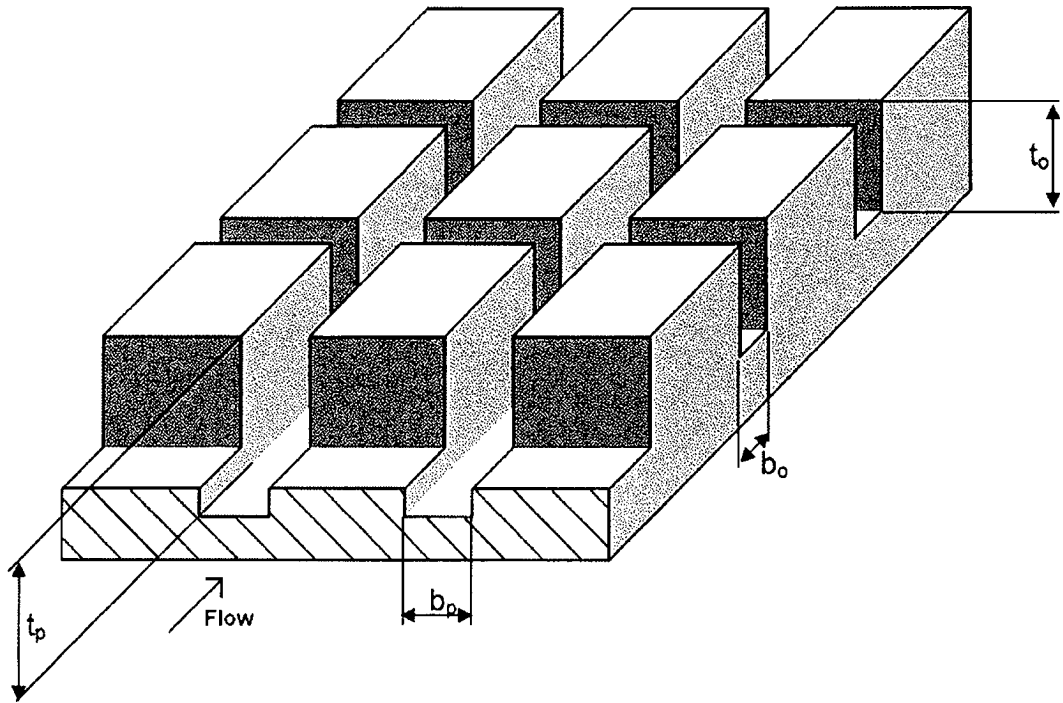


Fig.4

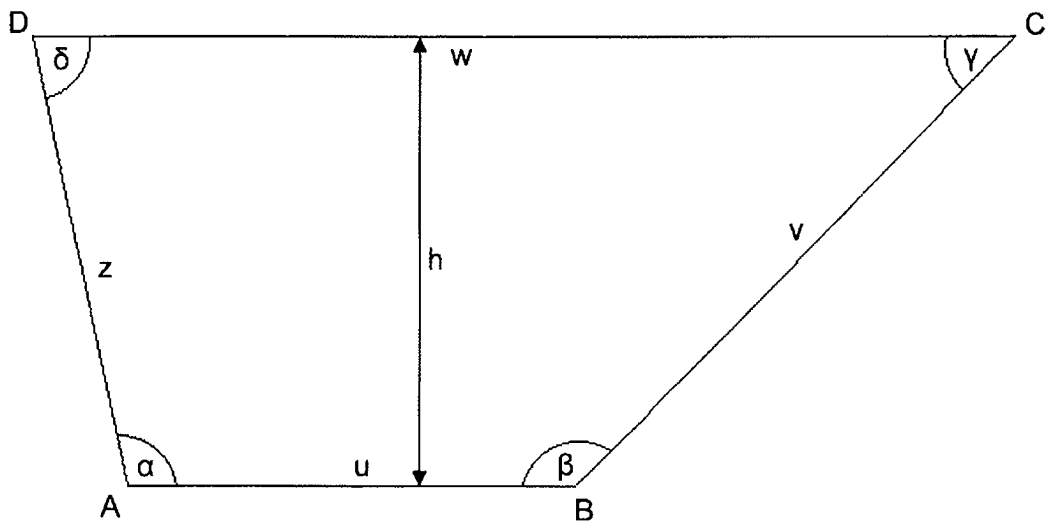


Fig.5