



(10) **DE 10 2013 226 345 A1** 2015.06.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 226 345.7**

(22) Anmeldetag: **18.12.2013**

(43) Offenlegungstag: **18.06.2015**

(51) Int Cl.: **G01F 1/684 (2006.01)**

**F02D 41/18 (2006.01)**

**G01F 15/14 (2006.01)**

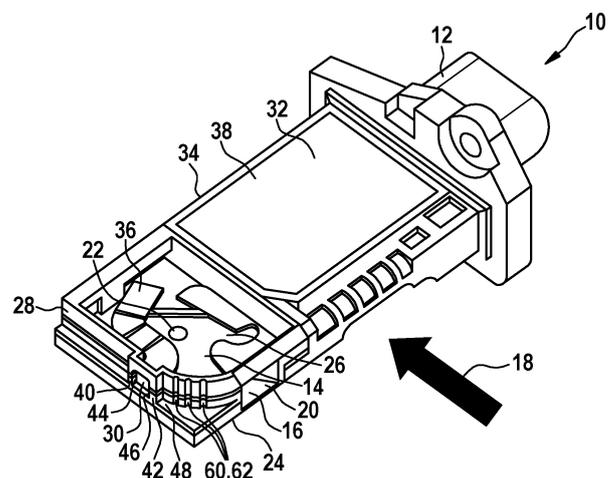
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Mais, Torsten, 71636 Ludwigsburg, DE; Wagner,  
Ulrich, 80689 München, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Sensoranordnung zur Bestimmung wenigstens eines Parameters eines durch einen Kanal strömenden fluiden Mediums**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Sensoranordnung (10) zur Bestimmung wenigstens eines Parameters eines durch einen Kanal (26) strömenden fluiden Mediums, insbesondere eines Ansaugluftmassenstroms einer Brennkraftmaschine, vorgeschlagen. Die Sensoranordnung (10) weist ein Sensorgehäuse (34), insbesondere einen in ein Strömungsröhr eingebrachten oder einbringbaren Steckfühler (12), in dem der Kanal (26) ausgebildet ist, und mindestens einen in dem Kanal (26) angeordneten Sensorchip zur Bestimmung des Parameters des fluiden Mediums auf. Das Sensorgehäuse (34) weist einen Einlass (16) in den Kanal (26), der einer Hauptströmungsrichtung (18) des fluiden Mediums entgegenweist, und mindestens einen Auslass (30) aus dem Kanal (26) in einer Oberfläche (28) des Sensorgehäuses (34) auf. Die Oberfläche (28) des Sensorgehäuses (34) weist in der Hauptströmungsrichtung (18) gesehen stromaufwärts des Auslasses (30) mehrere Vertiefungen (60) auf.



## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Aus dem Stand der Technik sind zahlreiche Verfahren und Vorrichtungen zur Bestimmung wenigstens einer Strömungseigenschaft fluider Medien, also von Flüssigkeiten und/oder Gasen, bekannt. Bei den Strömungseigenschaften als möglichem Parameter kann es sich dabei um beliebige physikalische und/oder chemische messbare Eigenschaften handeln, welche eine Strömung des fluiden Mediums qualifizieren oder quantifizieren. Insbesondere kann es sich dabei um eine Strömungsgeschwindigkeit und/oder einen Massenstrom und/oder einen Volumenstrom handeln.

**[0002]** Die Erfindung wird im Folgenden insbesondere unter Bezugnahme auf so genannte Heißfilmluftmassenmesser beschrieben, wie sie beispielsweise aus Konrad Reif (Hrsg.): Sensoren im Kraftfahrzeug, 1. Auflage 2010, Seiten 146–148, bekannt sind. Derartige Heißfilmluftmassenmesser basieren in der Regel auf einem Sensorchip, insbesondere einem Silizium-Sensorchip, beispielsweise mit einer Sensormembran als Messoberfläche oder Sensorbereich, welcher von dem strömenden fluiden Medium überströmbar ist. Der Sensorchip umfasst in der Regel mindestens ein Heizelement sowie mindestens zwei Temperaturfühler, welche beispielsweise auf der Messoberfläche des Sensorchips angeordnet sind, wobei der eine Temperaturfühler stromaufwärts des Heizelements und der andere Temperaturfühler stromabwärts des Heizelements gelagert ist. Aus einer Asymmetrie des von den Temperaturfühlern erfassten Temperaturprofils, welches durch die Strömung des fluiden Mediums beeinflusst wird, kann auf einen Massenstrom und/oder Volumenstrom des fluiden Mediums geschlossen werden.

**[0003]** Heißfilmluftmassenmesser sind üblicherweise als Steckfühler ausgestaltet, welcher fest oder austauschbar in ein Strömungsrohr einbringbar ist. Beispielsweise kann es sich bei diesem Strömungsrohr um einen Ansaugtrakt einer Brennkraftmaschine handeln.

**[0004]** Dabei durchströmt ein Teilstrom des Mediums wenigstens einen in dem Heißfilmluftmassenmesser vorgesehenen Hauptkanal. Zwischen dem Einlass und dem Auslass des Hauptkanals ist ein Bypasskanal ausgebildet. Insbesondere ist der Bypasskanal derart ausgebildet, dass er einen gekrümmten Abschnitt zur Umlenkung des durch den Einlass des Hauptkanals eingetretenen Teilstroms des Mediums aufweist, wobei der gekrümmte Abschnitt im weiteren Verlauf in einen Abschnitt übergeht, in welchem der Sensorchip angeordnet ist. Der zuletzt genannte Abschnitt stellt den eigentlichen Messkanal dar, in dem der Sensorchip angeordnet ist.

**[0005]** Derartige Heißfilmluftmassenmesser müssen in der Praxis einer Vielzahl von Anforderungen genügen. Neben dem Ziel, einen Druckabfall an dem Heißfilmluftmassenmesser insgesamt durch geeignete strömungstechnische Ausgestaltungen zu verringern, besteht eine der hauptsächlichen Herausforderungen darin, die Signalqualität sowie die Robustheit der Vorrichtungen gegenüber Kontamination durch Öl- und Wassertöpfchen sowie Ruß-, Staub- und sonstigen Festkörperpartikeln weiter zu verbessern. Diese Signalqualität bezieht sich beispielsweise auf einen Massenstrom des Mediums durch den zu dem Sensorchip führenden Messkanal sowie gegebenenfalls auf die Verminderung einer Signaldrift und die Verbesserung des Signal-zu-Rauschen-Verhältnisses. Die Signaldrift bezieht sich dabei auf die Abweichung beispielsweise des Massenstroms des Mediums im Sinne einer Veränderung der Kennlinien-Beziehung zwischen dem tatsächlich auftretenden Massenstrom und dem im Rahmen der Kalibrierung bei der Fertigung ermittelten auszugehenden Signal. Bei der Ermittlung des Signal-zu-Rauschen-Verhältnisses werden die in schneller zeitlicher Folge ausgegebenen Sensorsignale betrachtet, wohingegen sich die Kennlinien- oder Signaldrift auf eine Veränderung des Mittelwertes bezieht.

**[0006]** Bei herkömmlichen Heißfilmluftmassenmessern der beschriebenen Art ragt in der Regel ein Sensorträger mit einem darauf angebrachten oder eingebrachten Sensorchip in den Messkanal hinein. Beispielsweise kann der Sensorchip in den Sensorträger eingeklebt oder auf diesen aufgeklebt sein. Der Sensorträger kann beispielsweise mit einem Bodenblech aus Metall, auf welchem auch eine Elektronik, eine Ansteuer- und Auswerteschaltung (beispielsweise mit einem Schaltungsträger, insbesondere einer Leiterplatte) aufgeklebt sein kann, eine Einheit bilden. Beispielsweise kann der Sensorträger als angespritztes Kunststoffteil eines Elektronikmoduls ausgestaltet sein. Der Sensorchip und die Ansteuer- und Auswerteschaltung können beispielsweise durch Bondverbindungen miteinander verbunden werden. Das derart entstandene Elektronikmodul kann beispielsweise in ein Sensorgehäuse eingeklebt werden und der gesamte Steckfühler kann mit Deckeln verschlossen werden.

**[0007]** Die DE 198 15 656 A1 offenbart eine Sensoranordnung zur Bestimmung wenigstens eines Parameters eines durch einen Kanal strömenden fluiden Mediums, insbesondere einer Ansaugluftmasse einer Brennkraftmaschine. Die Sensoranordnung weist mindestens einen in dem Kanal angeordneten Sensorchip zur Bestimmung des Parameters des fluiden Mediums auf. Der Sensorchip ist in einem in den Kanal ragenden Sensorträger aufgenommen. Der Kanal führt zu einer an einer Außenfläche der Sensoranordnung in ein Strömungsrohr mündenden Auslassöffnung. An der die Auslassöffnung aufweisenden Au-

ßenfläche der Sensoranordnung ist in der Umgebung der Auslassöffnung zumindest eine Erhebung vorgesehen.

**[0008]** Die DE 197 38 337 A1 offenbart einen Heißfilmluftmassenmesser mit einer Stufe stromabwärts des Auslasses.

**[0009]** Bei derartigen Heißfilmluftmassenmessern bildet sich an der Außenfläche eine Grenzschicht kontinuierlich bis zu dem Bypassauslass aus. Der große Geschwindigkeitsbereich, den der Heißfilmluftmassenmesser abdecken muss, führt dazu dass der Bypassauslass bei gewissen Geschwindigkeiten in einem laminarturbulenten Übergang der Grenzschicht liegt. Dieser Übergangsbereich zeichnet sich durch schlechte Reproduzierbarkeit und nichtlineares Verhalten aus. Dies führt daher zu einer schlechteren Abgleichbarkeit und einem komplexen Verhalten bei pulsierender Strömung, die den Übergangsbereich umfasst.

**[0010]** Daher wurden Heißfilmluftmassenmesser entwickelt, bei denen sich stromaufwärts und stromabwärts des Bypassauslasses eine Stufe mit einer Abrisskante befindet, die einen kaminartigen Vorsprung bildet. Die Stufe in der Wandkontur erzwingt die Neubildung einer turbulenten Grenzschicht und somit werden Wechselwirkungen der Grenzschicht am Bypassauslass mit einem eventuell vorhandenen Transitionsbereich stromaufwärts minimiert und dadurch wird ein genauere Abgleich auf die Zielkennlinie möglich.

**[0011]** Trotz der zahlreichen Vorteile der aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zum Abgleichen mit der Zielkennlinie beinhalten diese noch Verbesserungspotenzial bezüglich anderer funktionaler Aspekte. So steigt die für eine Neubildung der Grenzschicht erforderliche Höhe des kaminartigen Vorsprungs beim zuletzt genannten Stand der Technik mit zunehmendem Luftmassenstrom an. Dies steht Forderungen nach einem möglichst kurzen Sensorgehäuse entgegen.

#### Offenbarung der Erfindung

**[0012]** Es wird daher eine Sensoranordnung zur Bestimmung wenigstens eines Parameters eines durch einen Kanal strömenden fluiden Mediums vorgeschlagen, welche die Nachteile bekannter Verfahren und Strategien zumindest vermeiden kann und bei der bei einer Strömung ein Neuanlauf der Grenzschicht unmittelbar stromaufwärts des Bypassauslasses auch bei höheren Luftmassenströmen erzwungen wird, so dass reproduzierbare Verhältnisse beim Abgleich vorliegen.

**[0013]** Die Sensoranordnung zur Bestimmung wenigstens eines Parameters eines durch einen Ka-

nal strömenden fluiden Mediums, insbesondere eines Ansaugluftmassenstroms einer Brennkraftmaschine, umfasst Sensorgehäuse, insbesondere einen in ein Strömungsrohr eingebrachten oder einbringbaren Steckfühler, in dem der Kanal ausgebildet ist, und mindestens einen in dem Kanal angeordneten Sensorchip zur Bestimmung des Parameters des fluiden Mediums. Das Sensorgehäuse weist einen Einlass in den Kanal, der einer Hauptströmungsrichtung des fluiden Mediums entgegenweist, und mindestens einen Auslass aus dem Kanal in einer Oberfläche des Sensorgehäuses auf. Die Oberfläche des Sensorgehäuses weist in der Hauptströmungsrichtung gesehen stromaufwärts des Auslasses mehrere Vertiefungen auf.

**[0014]** Die Vertiefungen können voneinander beabstandet sein. Die Vertiefungen können als Rillen ausgebildet sein. Die Vertiefungen können senkrecht zu der Hauptströmungsrichtung ausgebildet sein. Insbesondere erstrecken sich die Vertiefungen parallel zu einer Richtung, die senkrecht zu einer Oberseite und einer Unterseite des Sensorgehäuses ist. Die Vertiefungen können einen abschnittswisen Querschnitt aufweisen. Mit anderen Worten können die Vertiefungen konkav in dem Sensorgehäuse ausgebildet sein und einen Querschnitt in der Form eines Kreisabschnitts aufweisen. Die Vertiefungen sind in dem Sensorgehäuse so angeordnet, dass Mittelpunkte ihrer abschnittswisen Kreisform alle auf einer gemeinsamen Kreisbahn liegen. Die Kreisbahn weist beispielsweise einen Radius von 10,3 mm auf. Auf dieser Kreisbahn sind die Mittelpunkte der abschnittswisen Kreisform der Vertiefungen um 15 ° voneinander beabstandet. Mit anderen Worten ist der Abstand zwischen zwei benachbarten Mittelpunkten auf der Kreisbahn 15 °. Die Vertiefungen können eine Tiefe von 0,4 mm bis 0,8 mm aufweisen, beispielsweise 0,6 mm.

**[0015]** Die Oberfläche kann in der Hauptströmungsrichtung gesehen stromaufwärts des Auslasses eine Stufe mit einer Abrisskante aufweisen, wobei die stromaufwärtige Stufe an den Auslass angrenzt. Die stromabwärtige Stufe und die stromaufwärtige Stufe können einen kaminartigen Vorsprung von der Oberfläche bilden. Die stromabwärtige Stufe kann von 0,5 mm bis 5 mm und bevorzugt von 0,75 mm bis 3 mm und noch bevorzugter von 1,2 mm bis 2,2 mm von der Oberfläche vorstehen. Die stromabwärtige Stufe und/oder die stromaufwärtige Stufe können senkrecht von der Oberfläche vorstehen. Die Abrisskante kann eine Abmessung in der Hauptströmungsrichtung von 0,2 mm bis 0,4 mm und bevorzugt von 0,25 mm bis 0,35 mm aufweisen. Die stromabwärtige Stufe und/oder die stromaufwärtige Stufe können sich zumindest abschnittsweise senkrecht zu der Hauptströmungsrichtung erstrecken. Die stromabwärtige Stufe und die stromaufwärtige Stufe können den Auslass allseitig begrenzen. Der Auslass kann sich an

einer Position der Oberfläche befinden, in der das in der Hauptströmungsrichtung strömende Fluid turbulent ist. Der Auslass kann einen rechteckigen Öffnungsquerschnitt aufweisen.

**[0016]** Unter der Hauptströmungsrichtung ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung die lokale Strömungsrichtung des fluiden Mediums am Ort des Sensors bzw. der Sensoranordnung zu verstehen, wobei beispielsweise lokale Unregelmäßigkeiten, wie z. B. Turbulenzen, unberücksichtigt bleiben können. Insbesondere kann unter der Hauptströmungsrichtung somit die lokale gemittelte Transportrichtung des strömenden fluiden Mediums am Ort der Sensoranordnung verstanden werden. Dabei bezieht sich die gemittelte Transportrichtung auf eine Transportrichtung, in der das fluide Medium im zeitlichen Mittel überwiegend strömt.

**[0017]** Unter einer stromabwärtigen Anordnung ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung die Anordnung eines Bauteils an einer Stelle zu sehen, die das fluide Medium in der Hauptströmungsrichtung strömend zeitlich später als einen Bezugspunkt erreicht. So bedeutet beispielsweise eine stromabwärtige Anordnung einer Stufe bezüglich des Auslasses, dass das fluide Medium zeitlich gesehen später die Stufe als den Auslass erreicht.

**[0018]** Analog ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter einer stromaufwärtigen Anordnung eines Bauteils eine Anordnung des Bauteils an einer Stelle zu verstehen, die das in der Hauptströmungsrichtung strömende fluide Medium zeitlich gesehen früher als an einen Bezugspunkt erreicht. So bedeutet beispielsweise eine stromaufwärtige Anordnung einer Stufe bezüglich eines Auslasses, dass das fluide Medium zeitlich gesehen zuerst früher die Stufe als den Auslass erreicht.

**[0019]** Unter einer Stufe ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Vorsprung von der Oberfläche des Sensorgehäuses zu verstehen.

**[0020]** Unter einer Abrisskante ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein scharfkantiges oder mit sehr kleinem Krümmungsradius ausgebildetes Bauteil zu verstehen, das eingerichtet ist, einen Strömungsabriss oder eine Strömungsablösung des fluiden Mediums zu bewirken.

**[0021]** Unter einer turbulenten Strömung im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine meist dreidimensionale, scheinbar zufällige, instationäre Bewegung der Fluidteilchen zu verstehen. Die Strömung ist turbulent, wenn ihre Reynoldszahl größer als die kritische Reynoldszahl ist, d. h. größer als ungefähr 2300.

**[0022]** Ein Grundgedanke der vorliegenden Erfindung ist, rillenförmige Vertiefungen in der Wandkon-

tur stromaufwärts des Bypassauslasses vorzusehen. Dadurch werden auch bei relativ flachen oder kurzen kaminartigen Vorsprung die Neubildung einer turbulenten Grenzschicht erzwungen und werden Wechselwirkungen der Grenzschicht am Bypassauslass mit einem eventuell vorhandenen Transitionsbereich stromaufwärts minimiert und dadurch wird ein genauerer Abgleich auf die Zielkennlinie möglich.

**[0023]** Durch die erfindungsgemäße Sensoranordnung wird somit eine besondere optimierte Form des Auslasses eines Heißfilm-Luftmassenmessers ermöglicht, die einen Neuablauf der Grenzschicht unmittelbar stromaufwärts des Auslasses erzwingt, so dass reproduzierbare Verhältnisse beim Abgleich vorliegen. Somit können geringere Toleranzen in diesem Betriebsbereich erzielt werden. Zudem vereinfacht die optimierte Auslasskontur die Anpassung des Pulsationsverhaltens deutlich. Da das Pulsationsverhalten wesentlich durch die Bypasskanallänge bestimmt ist, ist das Verschieben der Auslassposition ein wirksames Mittel, um das Pulsationsverhalten einzustellen. Bei herkömmlichen Heißfilm-Luftmassenmessern würde mit dem Verschieben der Auslassposition allerdings auch die Position in der Grenzschicht und somit der am Auslass herrschende Druck verändert, so dass sich komplexe Wirkungszusammenhänge ergeben. Durch die optimierte Ausführung der erfindungsgemäßen Sensoranordnung wird die Position in der Grenzschicht nicht verändert, so dass dieser Einflussparameter bei der Anpassung des Pulsationsverhaltens vernachlässigbar wird. Somit lässt sich das Pulsationsverhalten deutlich einfacher anpassen. Insbesondere wird der Bypassauslass kaminartig verlängert, schließt also nicht mehr bündig mit den benachbarten Wänden ab, wie es bei dem Stand der Technik der Fall ist. Die Wandkontur ist folglich nicht mehr stetig, sondern weist unmittelbar vor und nach dem Bypassauslass einen Sprung auf.

**[0024]** Durch die rillenförmigen Vertiefungen in der Wandkontur stromaufwärts des Bypassauslasses werden unterkritische Ablösungen erzwungen, die zu einem Wiederanlegen der Strömung an die Wandkontur führen. Dadurch ist auch bei höheren Luftmassenströmen gewährleistet, dass die Strömung an dem kaminartig verlängerten Bypassauslass abreißt und sich eine neue turbulente Grenzschicht ausbildet.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0025]** Weitere optionale Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind. Es zeigen:

**[0026]** Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Sensoranordnung und

**[0027]** Fig. 2 eine schematische Draufsicht auf die Sensoranordnung im Bereich des Auslasses.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0028]** Die Fig. 1 zeigt eine Sensoranordnung **10** zur Bestimmung eines Parameters eines durch einen Kanal strömenden fluiden Mediums. Die Sensoranordnung **10** ist in diesem Ausführungsbeispiel als Heißfilmluftmassenmesser ausgestaltet und kann insbesondere einen Ansaugluftmassenstrom einer Brennkraftmaschine erfassen. Bei diesem Ausführungsbeispiel umfasst die Sensoranordnung **10** einen Steckfühler **12**, welcher beispielsweise in ein Strömungsröhr, insbesondere einen Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine, eingesteckt werden kann. In dem Steckfühler **12** ist eine Kanalstruktur **14** aufgenommen, durch die über eine Einlassöffnung bzw. einen Einlass **16**, die im eingesetzten Zustand einer Hauptströmungsrichtung **18** des fluiden Mediums entgegenweist, eine repräsentative Menge des fluiden Mediums strömen kann.

**[0029]** Fig. 1 zeigt dabei einen Ausschnitt des Steckfühlers **12** im Bereich der Kanalstruktur **14**. Die Kanalstruktur **14** weist einen Hauptkanal **20** auf, welcher in einen Hauptkanalauslass **22** auf einer Unterseite **24** des Steckfühlers **12** bezogen auf die Darstellung in Fig. 1 mündet, sowie einen von dem Hauptkanal **20** abzweigenden Bypass- bzw. Messkanal **26**, welcher in einen auf der Oberfläche **28**, die bei diesem Ausführungsbeispiel die Stirnseite bzw. Stirnfläche bezogen auf die Darstellung in der Fig. 1 des Steckfühlers **12** sein kann, angeordneten Auslass **30** des Bypass- oder Messkanals **26** mündet. Es wird jedoch explizit betont, dass der Auslass **30** auch in einer anderen Oberfläche des Steckfühlers **12** angeordnet sein kann, wie beispielsweise in der Unterseite **24** oder einer Oberseite.

**[0030]** In den Messkanal **26** ragt wie bei herkömmlichen Heißfilmluftmassenmessern ein nicht gezeigter Sensorträger in Form eines Flügels. In diesem Sensorträger ist ein Sensorchip derart eingelassen, dass eine als Sensorbereich des Sensorchips ausgebildete Sensormembran von dem fluiden Medium überströmt wird. Der Sensorträger ist mit dem Sensorchip Bestandteil eines Elektronikmoduls, das ein gebogenes Bodenblech als Sensorträger sowie eine darauf angebrachte, beispielsweise aufgeklebte Leiterplatte mit einer Ansteuer- und Auswerteschaltung aufweist. Der Sensorträger kann beispielsweise als Kunststoffbauteil an das Bodenblech angespritzt sein. Der Sensorträger, welcher beispielsweise als Spritzgießbauteil an das Bodenblech angespritzt ist oder mit dem Bodenblech der Leiterplatte integral ausgebildet sein kann, ist mit einer Anströmkante versehen, welche abgerundet ausgestaltet sein kann.

**[0031]** Der Sensorchip ist mit der Ansteuer- und Auswerteschaltung über elektrische Verbindungen, welche hier als Draht-Bonding ausgestaltet sein können, elektrisch verbunden. Das derart entstandene Elektronikmodul wird in einen Elektronikraum **32** eines Sensorgehäuses **34** des Steckfühlers **12**, in welchem auch die Kanalstruktur **14** ausgebildet ist, eingebracht, wie beispielsweise eingeklebt. Dies kann derart erfolgen, dass der Sensorträger dabei in die Kanalstruktur **14** hineinragt. Anschließend werden der Elektronikraum und die Kanalstruktur **14** durch Deckel **36**, **38** verschlossen.

**[0032]** Aus Fig. 1 ist zu erkennen, dass die Stirnfläche **28** eine stromabwärtige Stufe **40**, d. h. einer Stufe stromabwärts des Auslasses **30**, und eine stromaufwärtige Stufe **42**, d. h. eine Stufe stromaufwärts des Auslasses **30**, aufweist. Die stromabwärtige Stufe **40** und die stromaufwärtige Stufe **42** grenzen an den Auslass **30**. Insbesondere erstrecken sich die stromabwärtige Stufe **40** und die stromaufwärtige Stufe **42** zumindest abschnittsweise senkrecht zu der Hauptströmungsrichtung **18**. Die stromabwärtige Stufe **40** und die stromaufwärtige Stufe **42** weisen jeweils eine Abrisskante **44**, **46** auf. Die stromabwärtige Stufe **40** und die stromaufwärtige Stufe **42** können den Auslass **30** allseitig begrenzen, wie in Fig. 1 gezeigt ist. Der Auslass **30** weist beispielsweise einen rechteckigen Öffnungsquerschnitt auf. Die stromabwärtige Stufe **40** und/oder die stromaufwärtige Stufe **42** stehen senkrecht von der Stirnfläche **28** vor. Die stromabwärtige Stufe **40** und die stromaufwärtige Stufe **42** bilden dadurch einen kaminartigen Vorsprung **48** von der Stirnfläche **28**. Beispielsweise können die stromabwärtige Stufe **40** und/oder die stromaufwärtige Stufe **42** von 0,5 mm bis 5 mm, bevorzugt von 0,75 mm bis 3 mm und noch bevorzugter von 1,2 mm bis 2,2 mm, von der Stirnfläche **28** vorstehen, beispielsweise 1,5 mm. Die Abrisskante **44** der stromabwärtigen Stufe **40** und/oder die Abrisskante **46** der stromaufwärtigen Stufe **42** weist eine Abmessung in der Hauptströmungsrichtung **18** von 0,2 mm bis 0,4 mm und bevorzugt von 0,25 mm bis 0,35 mm auf, beispielsweise 0,3 mm.

**[0033]** Fig. 2 zeigt schematisch eine Draufsicht auf den Steckfühler **12** im Bereich des Auslasses **30**. Insbesondere ist die Durchströmung des Bypasskanals **26** durch einen Pfeil **50** angedeutet. Insbesondere ist ein Normalbetrieb, also eine pulsationsfreie Strömung des fluiden Mediums, in der Hauptströmungsrichtung **18** gezeigt.

**[0034]** Bei einer herkömmlichen Ausbildung des Auslasses **30**, bei der der Auslass **30** bündig mit der Stirnfläche **28** abschließt, bildet sich in einem Übergangsbereich von einer der Hauptströmungsrichtung **18** entgegenweisenden Seitenfläche **52**, in der auch der Einlass **16** ausgebildet ist, in die Stirnfläche **28** ein Staupunkt des strömenden fluiden Mediums. In

unmittelbarer Umgebung des Staupunktes beginnt die Bildung einer laminaren Grenzschicht. Mit zunehmender Lauflänge entlang des Übergangsbereichs und der Stirnfläche **28** in Richtung zu dem Auslass **30** wird die Grenzschicht dicker. Zunächst ist die Grenzschicht bis unmittelbar stromaufwärts des Auslasses **30** laminar. Ab einer kritischen Grenzschichtdicke werden Störungen in der Grenzschicht nicht mehr ausreichend gedämpft, so dass diese turbulent wird. Die turbulente Strömung kann dabei in Abhängigkeit von strömungsbeeinflussenden Parametern, wie beispielsweise Wandreibung, Strömungsimpulse, Strömungsgeschwindigkeit und dergleichen, auf Höhe des Auslasses **30**, d.h. in einer gemeinsamen Ebene senkrecht zu der Hauptströmungsrichtung **18**, oder seines stromabwärtigen Endes oder stromabwärts des Auslasses **30** entstehen.

**[0035]** Der Übergang zwischen laminarer und turbulenter Grenzschicht findet in einem Transitionsbereich stromaufwärts des Auslasses **30**, spätestens im Bereich des Auslasses, d. h. auf Höhe des Auslasses **30**, statt. Dieser Transitionsbereich ist gekennzeichnet durch eine schlechte Reproduzierbarkeit, da er sehr empfindlich auf die verschiedenen Randbedingungen reagiert. Beispielsweise liegt der Transitionsbereich im Bereich des Auslasses **30**. Der herkömmliche Heißfilmluftmassenmesser wird sich an diesem Geschwindigkeitsbereich aufgrund der schlechten Reproduzierbarkeit des Transitionsbereichs schlecht abgleichen lassen.

**[0036]** Da sich mit der Geschwindigkeit der Luftströmung die Position des Transitionsbereichs ändert, kann sich bei pulsierender Strömung ein Betriebszustand einstellen, in dem der Auslass **30** während des Betriebes zwischenzeitlich knapp im Transitionsbereich liegt. Falls nun eine geringe Änderung der Pulsationsamplitude oder der mittleren Strömungsgeschwindigkeit dazu führt, dass der Bypasskanal **26** nicht mehr vom Transitionsbereich überstrichen wird, kann dieser einen nichtlinearen Effekt auf den mittleren Luftmassenstrom im Bypasskanal **26** haben, aus dem der Sensorchip das Messsignal generiert. Dadurch wird das Pulsationsverhalten des Heißfilmluftmassenmessers ebenfalls nichtlinear, was die Applikation im Fahrzeug erschwert.

**[0037]** Die erfindungsgemäße Sensoranordnung **10** vermeidet dieses Problem dadurch, dass der Auslass **30** nicht bündig mit der Stirnfläche **28** abschließt, sondern die oben genannte Form aufweist. Wie oben erwähnt, ist erfindungsgemäß der Auslass **30** als ein kaminartiger Vorsprung **48** von der Stirnfläche **28** gebildet. Dabei ist der Auslass **30** so kaminartig verlängert, dass die Stufen **40**, **42** die Neubildung einer turbulenten Grenzschicht erzwingen. Entsprechend befindet sich der Auslass **30** an einer Position auf der Stirnfläche **28**, an der die Strömung turbulent ist. **Fig. 2** zeigt dieses Verhalten genauer anhand einer

beispielhaften Strömungslinie **54**. Stromabwärts des Übergangs der der Hauptströmungsrichtung **18** entgegenweisenden Seitenfläche **52** in die Stirnfläche **28** ist die Strömung ab einer Position **56** transitionell. Ab einer Position **58**, die auf Höhe der stromaufwärtigen Stufe **42** liegt, kommt es zur Neubildung einer turbulenten Grenzschicht. Somit liegt der Transitionsbereich stets außerhalb bzw. stromaufwärts des Auslasses **30**. Der Transitionsbereich liegt insbesondere nur zwischen den Positionen **56** und **58**.

**[0038]** Um die die Neubildung einer turbulenten Grenzschicht auch bei höheren Luftmassenströmen zu erzwingen, ohne den kaminartigen Vorsprung **48** von der Stirnfläche **28** von den oben genannten Abmessungen abweichend zu verlängern, sieht die vorliegende Erfindung vor, dass die Oberfläche **28** in der Hauptströmungsrichtung **18** gesehen stromaufwärts des Auslasses **30** mehrere Vertiefungen **60** aufweist. Die Vertiefungen **60** sind voneinander beabstandet. Wie aus **Fig. 1** zu erkennen ist, sind die Vertiefungen als Rillen **62** ausgebildet. Die Rillen **62** sind insbesondere senkrecht zu der Hauptströmungsrichtung **18** ausgebildet. Die Rillen **62** erstrecken sich auch senkrecht zu einer Erstreckungsrichtung des Steckfühlers **12**. Beispielsweise erstrecken sich die Rillen **62** von der Oberseite in Richtung zu der Unterseite **24** des Sensorgehäuses **34** bzw. umgekehrt. Die Vertiefungen **60** können einen abschnittswisen Querschnitt aufweisen. Mit anderen Worten können die Vertiefungen konkav in dem Steckfühler **12** ausgebildet sein und einen Querschnitt in der Form eines Kreisabschnitts aufweisen. Die Vertiefungen **60** sind in dem Steckfühler **12** so angeordnet, dass Mittelpunkte ihrer abschnittswisen Kreisform alle auf einer gemeinsamen Kreisbahn liegen. Die Kreisbahn weist beispielsweise einen Radius von 10,3 mm auf. Auf dieser Kreisbahn sind die Mittelpunkte der abschnittswisen Kreisform der Vertiefungen um 15 ° voneinander beabstandet. Mit anderen Worten ist der Abstand zwischen zwei benachbarten Mittelpunkten auf der Kreisbahn 15 °. Die Vertiefungen **60** können eine Tiefe von 0,4 mm bis 0,8 mm aufweisen, beispielsweise 0,6 mm.

**[0039]** Durch die Neubildung der Grenzschicht ab Position **58** werden auch Wechselwirkungen der Grenzschicht an dem Auslass **30** mit einem eventuell vorhandenen Transitionsbereich stromaufwärts davon minimiert. Dadurch lässt sich die Sensoranordnung **10** auch bei Strömungsgeschwindigkeiten, die bei einem herkömmlichen Heißfilmluftmassenmesser an einer stetigen Wandkontur einen Transitionsbereich erzeugen würden, gut abgleichen. Wenn im Rahmen von Anpassungen des Pulsationsverhaltens die Position des Auslasses **30** verschoben wird, wird sich das grundsätzliche Pulsationsverhalten deutlich weniger ändern als bei Ausführungen gemäß dem Stand der Technik, da der Einfluss des Transitionsbereichs minimiert wurde. Somit lassen sich auf Basis

einer guten Ausgangskonfiguration schnell im Grundverhalten ähnliche, aber an spezielle Kundenwünsche angepasste Varianten der erfindungsgemäßen Sensoranordnung **10** erzeugen.

**[0040]** Da die Forderung nach einem längeren kaminartigen Vorsprung **48** im Gegensatz zu Kundenanforderungen nach einer möglichst geringen Gesamtlänge des Sensorgehäuses **34** steht, ist eine Verlängerung des kaminartigen Vorsprungs **48** von der Stirnfläche **28** aus gesehen zur Kompensierung höherer Luftmassenströme nur bis zu einem gewissen Grad möglich. Erfindungsgemäß wird dieses Problem wie oben beschrieben dadurch gelöst, dass in der Stirnfläche **28** die Vertiefungen **60**, die als Rillen **62** ausgebildet sein können, in der ansonsten glatten Wandkontur der Stirnfläche **28** vorgesehen sind. Durch die Vertiefungen **60** werden wiederholt unterkritische Ablösungen erzwungen, die zu einem Wiederanlegen der Strömung führen. Somit kann bei gleich hohem kaminartigem Vorsprung **48** auch bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten eine Neubildung der Grenzschicht ab Position **58** erzwungen werden.

**[0041]** Dieser Effekt ist vergleichbar mit der Wirkung von Noppen auf einem Golfball, die das Ablösen der Strömung verzögern, so dass der Golfball weiter fliegt als ein glatter Ball, der eine größere Ablösung erzeugt und somit stärker abgebremst wird. Da das Sensorgehäuse **34** aber auf bekannte Art mit einer eindeutigen Vorzugsrichtung angeströmt wird, d. h. der Hauptströmungsrichtung **18**, sind Rillen **62** wirksamer und zudem werkzeugtechnisch ohne Zusatzaufwand und somit einfacher herstellbar als Noppen. So lassen sich Rillen **62** spritzgusstechnisch herstellen, wohingegen Noppen einen zusätzlichen Schieber im Spritzgusswerkzeug erfordern würden, was die Fertigungskosten erhöhen würde.

**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**

- DE 19815656 A1 [0007]
- DE 19738337 A1 [0008]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- Konrad Reif (Hrsg.): Sensoren im Kraftfahrzeug, 1. Auflage 2010, Seiten 146–148 [0002]

**Patentansprüche**

1. Sensoranordnung (10) zur Bestimmung wenigstens eines Parameters eines durch einen Kanal (26) strömenden fluiden Mediums, insbesondere eines Ansaugluftmassenstroms einer Brennkraftmaschine, wobei die Sensoranordnung (10) ein Sensorgehäuse (34), insbesondere einen in ein Strömungrohr eingebrachten oder einbringbaren Steckfühler (12), in dem der Kanal (26) ausgebildet ist, und mindestens einen in dem Kanal (26) angeordneten Sensorchip zur Bestimmung des Parameters des fluiden Mediums aufweist, wobei das Sensorgehäuse (34) einen Einlass (16) in den Kanal (26), der einer Hauptströmungsrichtung (18) des fluiden Mediums entgegenweist, und mindestens einen Auslass (30) aus dem Kanal (26) in einer Oberfläche (28) des Sensorgehäuses (34) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche (28) des Sensorgehäuses (34) in der Hauptströmungsrichtung (18) gesehen stromaufwärts des Auslasses (30) mehrere Vertiefungen (60) aufweist.

2. Sensoranordnung (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Vertiefungen (60) voneinander beabstandet sind.

3. Sensoranordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vertiefungen (60) als Rillen (62) ausgebildet sind.

4. Sensoranordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vertiefungen (60) senkrecht zu der Hauptströmungsrichtung (18) ausgebildet sind.

5. Sensoranordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Oberfläche (28) des Sensorgehäuses (34) in der Hauptströmungsrichtung (18) gesehen stromabwärts des Auslasses (30) eine Stufe (40) mit einer Abrisskante (44) aufweist, wobei die Stufe (40) an den Auslass (30) angrenzt.

6. Sensoranordnung (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Oberfläche (28) in der Hauptströmungsrichtung (18) gesehen stromaufwärts des Auslasses (30) eine Stufe (42) mit einer Abrisskante (46) aufweist, wobei die stromaufwärtige Stufe (42) an den Auslass (30) angrenzt.

7. Sensoranordnung (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die stromabwärtige Stufe (40) und die stromaufwärtige Stufe (42) einen kaminartigen Vorsprung (48) von der Oberfläche (28) bilden.

8. Sensoranordnung (10) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die stromabwärtige Stufe (40) und/oder die stromaufwärtige Stufe (42) senkrecht von der Oberfläche (28) vorstehen.

9. Sensoranordnung (10) nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, wobei sich die stromabwärtige Stufe (40) und/oder die stromaufwärtige Stufe (42) zumindest abschnittsweise senkrecht zu der Hauptströmungsrichtung (18) erstrecken.

10. Sensoranordnung (10) nach einem der sechs vorhergehenden Ansprüche, wobei die stromabwärtige Stufe (40) und die stromaufwärtige Stufe (42) den Auslass (30) allseitig begrenzen.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

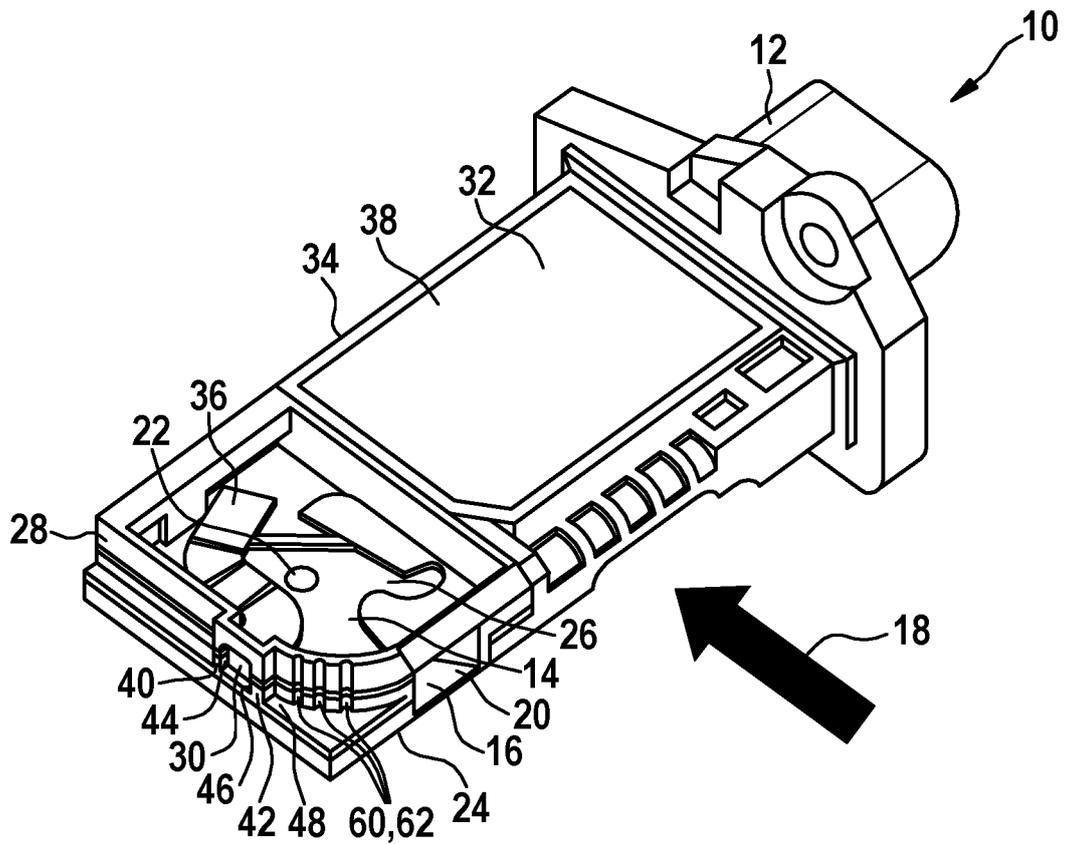


Fig. 1

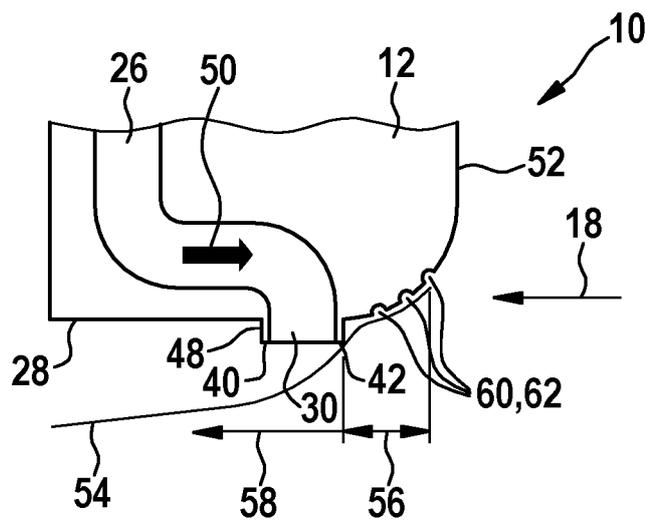


Fig. 2