

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50091/2018
(22) Anmeldetag: 31.01.2018
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2019

(51) Int. Cl.: **G01N 15/06** (2006.01)
G01N 15/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP S6176935 A
US 2008152547 A1
DE 102015004853 A1
JP 2014002035 A

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

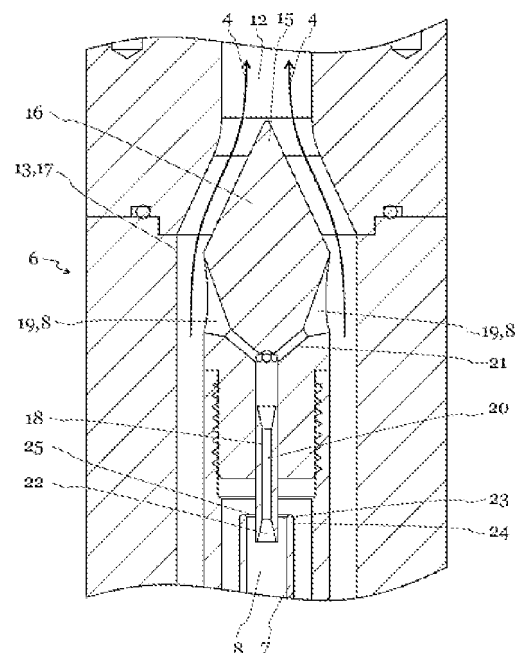
(72) Erfinder:
Kupper Martin Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Kraft Martin Dr.
1090 Wien (AT)
Bergmann Alexander Dr.
8052 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Kondensationspartikelzähler mit Düsenvorrichtung**

(57) Kondensationspartikelzähler (1) umfassend einen im Messbetrieb entlang eines Hauptströmungspfads (4) von einem Trägergas (3) durchströmten Hauptkanal (12), einen Sättiger (5) zur Sättigung des Trägergases (3) mit einem Betriebsstoff (2), eine entlang des Hauptströmungspfads (4) nach dem Sättiger (5) in einen Düsenabschnitt (13) des Hauptkanals (12) mündende Düsenvorrichtung (6), die mit einer Messaerosolzuleitung (7) verbunden ist zur Einbringung eines partikelbeladenen Messaerosols (8) in das angereicherte Trägergas (3), einen entlang des Hauptströmungspfads (4) nach der Düsenvorrichtung (6) angeordneten Kondensationsbereich zur Übersättigung der Mischung aus Trägergas (3), Betriebsstoff (2) und Messaerosol (8), eine entlang des Hauptströmungspfads (4) nach dem Kondensationsbereich (9) angeordnete Messvorrichtung zur Detektion der durch den kondensierten Betriebsstoff vergrößerten Partikel des Messaerosols (8), und eine Temperieranordnung (11) zur Temperierung des Trägersaerosols. Die Düsenvorrichtung (6) umfasst eine Verteilerdüse (16) zur verteilten Beimengung des Messaerosols (8) in das im Messbetrieb angereicherte und den Düsenabschnitt (13) des Hauptkanals (12) durchströmende Trägergas (3).

Fig.2



Beschreibung

KONDENSATIONSPARTIKELZÄHLER MIT DÜSENVORRICHTUNG

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kondensationspartikelzähler gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, umfassend einen Hauptkanal, der im Messbetrieb entlang eines Hauptströmungspfad von einem Trägergas durchströmt wird, einen Sättiger zur Anreicherung, insbesondere zur Sättigung, des Trägergases mit einem Betriebsstoff, eine entlang des Hauptströmungspfad nach dem Sättiger in einen Düsenabschnitt des Hauptkanals mündende Düsenvorrichtung, die mit einer Messaerosolzuleitung verbunden und zur Einbringung eines partikelbeladenen Messaerosols in das angereicherte Trägergas eingerichtet ist, einen entlang des Hauptströmungspfad nach der Düsenvorrichtung angeordneten Kondensationsbereich zur Übersättigung der Mischung enthaltend das Trägergas, den Betriebsstoff und das Messaerosol, eine entlang des Hauptströmungspfad nach dem Kondensationsbereich angeordnete Messvorrichtung zur Detektion der durch den kondensierten Betriebsstoff vergrößerten Partikel des Messaerosols und eine Temperieranordnung zur Temperierung des Trägersaerosols.

[0002] Kondensationspartikelzähler sind in unterschiedlichen Ausführungsformen bekannt und publiziert. Bei herkömmlichen Kondensationspartikelzählern wird ein Aerosolstrom mit einem dampfförmigen Betriebsstoff gesättigt und in weiterer Folge in einem Kondensationsbereich derart abgekühlt, dass die im Aerosolstrom enthaltenen Partikel als Kondensationskeime wirken, an denen sich der kondensierende Betriebsstoff anlagert. Dadurch werden die Partikel vergrößert und können mit höherer Genauigkeit von einer Messvorrichtung erfasst, insbesondere gezählt werden. Als Messaerosol wird häufig das Abgas einer Verbrennungskraftmaschine eingesetzt, um beispielsweise die Partikelemissionen eines Kraftfahrzeugs zu messen. Derartige Lösungen zeigen beispielsweise JP S6176935 A, US 2008/152547 A1, DE 10 2015 004 853 A1 und JP 2014002035 A.

[0003] Abgase von Verbrennungskraftmaschinen enthalten neben den zu messenden Partikeln jedoch noch weitere Bestandteile wie beispielsweise Wasserdampf, unverbrannte Kohlenwasserstoffe oder Schwefelsäure. Diese weiteren Bestandteile können die Messung beeinträchtigen und sogar den Kondensationspartikelzähler beschädigen. Aus diesem Grund wird das Messaerosol bei herkömmlichen Kondensationspartikelzählern konditioniert. Bei dieser Konditionierung wird das Messaerosol beispielsweise getrocknet, gekühlt und verdünnt. Jedoch hat sich in der Praxis herausgestellt, dass die Konditionierung des Messaerosols die Genauigkeit der Messung beeinträchtigt, da bei der Konditionierung ein beträchtlicher Teil der Partikel des Messaerosols verloren geht bzw. aus dem Messaerosol gefiltert wird, wobei dieses Problem insbesondere bei Nanopartikeln, z.B. in der Größe von unter 25nm auftritt.

[0004] Zur Lösung dieses Problems sind sogenannte Hochtemperatur-Kondensationspartikelzähler bzw. HT-CPCs bekannt. Bei dieser speziellen Bauart eines Kondensationspartikelzählers wird die Temperatur entlang der Strömung des Messaerosols über den maßgeblichen Taupunkttemperaturen der im Abgas enthaltenen und dampfförmig gebundenen Bestandteile gehalten. In der Regel wird als Minimaltemperatur die Taupunkttemperatur von Schwefelsäure gewählt, die etwa im Bereich von 150°C liegt. Dadurch wird verhindert, dass Stoffe wie Wasserdampf oder dampfförmige Schwefelsäure im Bereich der Messvorrichtung kondensieren und die Messung beeinträchtigen oder die Messvorrichtung beschädigen.

[0005] Jedoch hat sich in der Praxis herausgestellt, dass bei HT-CPCs weitere Probleme auftreten, die keinen stabilen Betrieb ermöglichen. So treten bei herkömmlichen HT-CPCs überraschenderweise bereits nach kurzer Betriebsdauer Beschädigungen am Sättiger auf, wodurch die Messgenauigkeit und die Lebensdauer des HT-CPCs stark herabgesetzt werden.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es nun, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und einen verbesserten Kondensationspartikelzähler, insbesondere mit dauerhaft erhöhter Messgenauigkeit zu schaffen.

[0007] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird insbesondere durch die Merkmale des unabhängigen

gen Patentanspruchs gelöst.

[0008] Die Messgenauigkeit des Kondensationspartikelzählers kann insbesondere dadurch erhöht werden, dass eine verbesserte Düsenvorrichtung zur verteilten Beimengung des Messaerosols in das Trägergas eingesetzt wird.

[0009] Intensive Studien haben überdies ergeben, dass die Beschädigung des Sättigers bei Hochtemperatur-Kondensationspartikelzählern durch unerwünschte Reaktionen des Betriebsstoffs bewirkt wird. Herkömmliche Betriebsstoffe sind meist langkettige Ester, insbesondere Dioctylphthalate, die in flüssiger Form zugeführt und durch die Beheizung des Sättigers dampfförmig im Aerosolstrom oder im Trägergas aufgenommen oder gebunden werden. Diese Ester haben sich in der Praxis aber als nicht ausreichend thermostabil herausgestellt.

[0010] Für herkömmliche Niedertemperatur-Kondensationspartikelzähler sind als Betriebsstoffe auch Kohlenwasserstoffe bekannt. Bei höheren Temperaturen reagieren diese Kohlenwasserstoffe jedoch mit dem Sauerstoff des Aerosolstroms oder des Trägergases, wodurch die molekulare Struktur der Betriebsstoffe in nachteiliger Weise verändert wird. Überdies kommt es bei höheren Temperaturen zum sogenannten „Cracken“ der Kohlenwasserstoffe des Betriebsstoffs. Nebenprodukte dieser Reaktion lagern sich in weiterer Folge im Sättiger ab, was zu einem Verlegen des Sättigers führen kann.

[0011] Die Messgenauigkeit des Kondensationspartikelzählers kann insbesondere dadurch verbessert werden, dass ein verbesserter Sättiger eingesetzt wird.

[0012] Unter Konditionierung wird im Rahmen der vorliegenden Offenbarung eine Behandlung, insbesondere eine Filterung, Verdünnung und/oder Trocknung, des Messaerosolstroms verstanden.

[0013] Insbesondere betrifft die Erfindung einen Kondensationspartikelzähler umfassend einen Hauptkanal, der im Messbetrieb entlang eines Hauptströmungspfads von einem Trägergas durchströmt wird, einen Sättiger zur Anreicherung, insbesondere zur Sättigung, des Trägergases mit einem Betriebsstoff, eine entlang des Hauptströmungspfads nach dem Sättiger in einen Düsenabschnitt des Hauptkanals mündende Düsenvorrichtung, die mit einer Messaerosolzuleitung verbunden und zur Einbringung eines partikelbeladenen Messaerosols in das angereicherte Trägergas eingerichtet ist, einen entlang des Hauptströmungspfads nach der Düsenvorrichtung angeordneten Kondensationsbereich zur Übersättigung der Mischung enthaltend das Trägergas, den Betriebsstoff und das Messaerosol, eine entlang des Hauptströmungspfads nach dem Kondensationsbereich angeordnete Messvorrichtung zur Detektion der durch das kondensierte Betriebsmittel vergrößerten Partikel des Messaerosols, und eine Temperieranordnung zur Temperierung des Trägeraerosols.

[0014] Insbesondere ist vorgesehen, dass die Düsenvorrichtung eine Verteilerdüse zur verteilten Beimengung des Messaerosols in das im Messbetrieb angereicherte und den Düsenabschnitt des Hauptkanals durchströmende Trägergas umfasst.

[0015] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Verteilerdüse beabstandet von der Wand des Düsenabschnitts, insbesondere mittig, in den Düsenabschnitt des Hauptkanals ragt.

[0016] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Verteilerdüse eine Eintrittsöffnung mit einem freien Eintrittsquerschnitt zur Zuleitung des Messaerosols in die Verteilerdüse aufweist, dass die Verteilerdüse mindestens eine Austrittsöffnung zur verteilten Beimengung des Messaerosols in das im Messbetrieb angereicherte und den Düsenabschnitt des Hauptkanals durchströmende Trägergas aufweist, dass die Verteilerdüse einen an die Eintrittsöffnung anschließenden Eintrittskanal aufweist, und/oder dass die Verteilerdüse pro Austrittsöffnung einen von dem Eintrittskanal abzweigenden und in die Austrittsöffnung mündenden Verteilerkanal aufweist.

[0017] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Eintrittsöffnung oder der Eintrittskanal mit ihrem oder seinem freien Eintrittsquerschnitt im Verlauf des die Verteilerdüse durchströmenden Messaerosols das Element mit dem größten Strömungswiderstand ist und dadurch als Volumenstrombegrenzer des Messaerosols wirkt oder ausgebildet ist.

[0018] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der freie Eintrittsquerschnitt kleiner ist als der kleinste Gesamtaustrittsquerschnitt aller Austrittsöffnungen oder, im Falle einer einzigen Austrittsöffnung, der Austrittsöffnung, und kleiner ist als der kleinste Gesamtquerschnitt aller Verteilerkanäle oder, im Falle eines einzigen Verteilerkanals, des Verteilerkanals.

[0019] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der freie Eintrittsquerschnitt durch eine Rohrleitung mit definierter Geometrie und gegebenenfalls Oberflächenbeschaffenheit und insbesondere durch einen Rohrabschnitt mit einem kreisrunden freien Querschnitt und einem freien Durchmesser von 0,5 - 1,5 mm, insbesondere von 0,7mm; und gegebenenfalls einer Länge von 10 - 25 mm gebildet ist. Die Oberflächenbeschaffenheit ist beispielsweise durch die Fertigungsverfahren, beispielsweise durch Bohren oder durch Bohren und Polieren definiert.

[0020] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Messaerosolzuleitung, zum Aufbau eines Staudrucks an oder unmittelbar vor der Eintrittsöffnung durch Anströmung der Eintrittsöffnung mit dem Messaerosol, auf die Eintrittsöffnung gerichtet ist, und dass im Bereich der Eintrittsöffnung mindestens eine Überlauföffnung zur Ableitung des bei der Anströmung nicht in die Eintrittsöffnung eingebrachten Messaerosols bzw. des überschüssigen Messaerosols vorgesehen ist.

[0021] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Messaerosolzuleitung ein freies Ende aufweist, dass der freie Querschnitt des freien Endes der Messaerosolzuleitung größer ist als der Eintrittsquerschnitt und/oder die Eintrittsöffnung, wobei das freie Ende der Messaerosolzuleitung Richtung Eintrittsöffnung gerichtet ist und/oder wobei die Eintrittsöffnung in das freie Ende ragt.

[0022] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass sich die mindestens eine Austrittsöffnung oder alle Austrittsöffnungen trichterförmig nach außen erweitert bzw. erweitern. Nach außen bedeutet hier insbesondere in Strömungsrichtung gesehen.

[0023] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass mehrere Austrittsöffnungen vorgesehen sind, und dass die Austrittsöffnungen verteilt, insbesondere regelmäßig verteilt, am Umfang oder am Mantel der Verteilerdüse angeordnet sind.

[0024] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Austrittsöffnungen entlang des Mantels der Verteilerdüse, insbesondere unmittelbar nebeneinander, in einer Reihe angeordnet sind.

[0025] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Verteilerdüse im Düsenabschnitt entlang des Hauptströmungspfads auskragend in den Hauptkanal ragt und einen als freies Ende ausgebildeten Endabschnitt umfasst.

[0026] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Endabschnitt der Verteilerdüse entlang des Hauptströmungspfads im Düsenabschnitt keilförmig oder konisch zusammenlaufend ausgebildet ist und dadurch eine Spitze bildet.

[0027] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Verteilerdüse einen zylinderförmig ausgebildeten Austrittsabschnitt aufweist, entlang dessen Umfang, an der Mantelfläche, die Austrittsöffnungen angeordnet sind, und dass an den Austrittsabschnitt der Endabschnitt, insbesondere unmittelbar, anschließt.

[0028] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Form und der Verlauf des Hauptkanals im Düsenabschnitt der Form und dem Verlauf der Verteilerdüse angepasst sind, und dass die Wand des Hauptkanals im Düsenabschnitt der Außenkontur der Verteilerdüse beanstandet folgt, wodurch der Hauptkanal im Düsenabschnitt einen ringförmigen Querschnitt aufweist oder ringspaltförmig ausgebildet ist.

[0029] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Hauptkanal im Düsenabschnitt und/oder im Kondensationsbereich entlang des Hauptströmungspfads konisch zusammenlaufend ausgebildet und insbesondere kegelförmig oder trichterförmig ausgebildet ist.

[0030] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass mindestens eine Steuervorrichtung zur Beeinflussung, Steuerung oder Regelung des Volumenstroms des Trägergases vorgesehen ist, dass mindestens eine Steuervorrichtung zur Beeinflussung, Steuerung oder Regelung des Volumen-

stroms des Messaerosols vorgesehen ist, und dass die beiden Steuervorrichtungen zumindest einen Teil einer Regelvorrichtung zur Regelung der Verdünnung des Messaerosols durch das Trägergas bilden.

[0031] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Regelvorrichtung, zur Anpassung der Verdünnung des Messaerosols unter Berücksichtigung der im Messaerosol enthaltenen Partikelanzahl oder Partikeldichte Messdaten der Messvorrichtung verarbeitet oder berücksichtigt.

[0032] Durch die spezielle Ausgestaltung der Düsenvorrichtung wird das eingebrachte partikelbeladene Messaerosol bevorzugt ringförmig von einem im Wesentlichen partikelfreien Strom umgeben. Hierdurch können Verluste von Partikeln an der mit Betriebsstoff benetzten Wand des nachfolgenden Kondensationsbereichs vermieden und die Kontamination des Kondensationsbereichs, beispielsweise durch Rückfluss von Kondensat, kann verringert werden.

[0033] In weiterer Folge wird die Erfindung anhand einer exemplarischen, nicht einschränkenden, Ausführungsform weiter beschrieben, die in den Figuren dargestellt ist. Darin zeigen

[0034] Figur 1 eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform eines Kondensationspartikelzählers,

[0035] Figur 2 einen Detailausschnitt des Kondensationspartikelzählers aus Figur 1,

[0036] Figur 3 eine weitere schematische Schnittdarstellung eines Kondensationspartikelzählers, insbesondere des Kondensationspartikelzählers aus Figur 1,

[0037] Figur 4 eine schematische Schrägansicht maßgeblicher Komponenten einer Verteilerdüse, wie sie beispielsweise in einem Kondensationspartikelzähler gemäß mindestens einer der Figuren 1-3 eingesetzt werden kann, und

[0038] Figur 5 eine schematische Schrägansicht maßgeblicher Komponenten eines Sättigungskörpers, wie er beispielsweise in einem Kondensationspartikelzähler gemäß mindestens einer der Figuren 1-3 eingesetzt werden kann.

[0039] Die Bezugszeichen der Figuren entsprechen folgenden Komponenten: Kondensationspartikelzähler 1, Betriebsstoff 2, Trägergas 3, Hauptströmungspfad 4, Sättiger 5, Düsenvorrichtung 6, Messaerosolzuleitung 7, Messaerosol 8, Kondensationsbereich 9, Messvorrichtung 10, Temperieranordnung 11, Hauptkanal 12, Düsenabschnitt 13, Endabschnitt (der Verteilerdüse) 15, Verteilerdüse 16, Wand (des Düsenabschnitts) 17, Eintrittsquerschnitt 18, Austrittsöffnung 19, Eintrittskanal 20, Verteilerkanal 21, Eintrittsöffnung 22, Überlauföffnung 23, freies Ende (der Messaerosolzuleitung) 24, freie Querschnitt (des freien Endes der Messaerosolzuleitung) 25, Austrittsabschnitt (der Verteilerdüse) 26, Sättigungskörper 27, Sättigungskanal 28, Sättigungskanalwand 29, wannenförmiger Abschnitt 30, Sättigungsraum 31, Betriebsstoffzuleitung 32, Betriebsstoffreservoir 33, Füllstandsregelvorrichtung 34, Druckausgleichsöffnung 35.

[0040] Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer möglichen Ausführungsform eines Kondensationspartikelzählers 1 bzw. einer Anordnung eines Kondensationspartikelzählers 1 mit einem Betriebsstoff 2, einem Trägergas 3 und/oder einem Messaerosol 8.

[0041] Der Kondensationspartikelzähler 1 wird im bestimmungsgemäßen Betrieb entlang eines Hauptströmungspfads 4 von einem Trägergas 3 durchströmt. Bei dem Trägergas 3 handelt es sich um ein abgasfreies und sauerstofffreies Gas oder Gasgemisch.

[0042] Dabei durchströmt das Trägergas 3 einen Sättiger 5, in dem das Trägergas 3 mit einem Betriebsstoff 2 angereichert oder gesättigt wird. In der vorliegenden Ausführungsform ist entlang des Hauptströmungspfads 4 nach dem Sättiger 5 eine Düsenvorrichtung 6 angeordnet. Die Düsenvorrichtung 6 umfasst eine Messaerosolzuleitung 7 zur Zuleitung des Messaerosols 8 in das angereicherte oder gesättigte Trägergas 3. In einer vorteilhaften Ausführung handelt es sich bei dem Messaerosol 8 um einen unkonditionierten Teilstrom des Abgases eines Prüflings wie z.B. einer Verbrennungskraftmaschine, einer Verbrennungskraftmaschine mit einer Abgasnachbehandlungsanlage und/oder eines Kraftfahrzeugs, das - unter anderem, einen Verbrennungsmotor aufweist. Das Messaerosol 8 ist dabei insbesondere ein unverdünnter, ungetrock-

netter und/oder direkt von einer Entnahmestelle - beispielsweise im Abgassystem bzw. Auspuff - abgezwiegt Teilstrom des Abgases des Prüflings.

[0043] In der vorliegenden Ausführungsform ist in oder entlang des Hauptströmungspfads 4 nach der Düsenvorrichtung 6 ein Kondensationsbereich 9 vorgesehen. In dem Kondensationsbereich 9 werden die physikalischen Parameter derart angepasst, dass es zu einer Übersättigung des Gemischs kommt, welches das Trägergas 3, den Betriebsstoff 2 und das Messaerosol 8 umfasst, womit die im Messaerosol 8 enthaltenen Partikel durch den kondensierenden Betriebsstoff 2 vergrößert werden.

[0044] Nach dem Kondensationsbereich 9 ist entlang des Hauptströmungspfads 4 eine Messvorrichtung 10 nachgeordnet. Diese Messvorrichtung 10 kann beispielsweise eine herkömmliche Messvorrichtung 10 eines Kondensationspartikelzählers sein, die beispielsweise eine Vereinzelungsdüse zur Vereinzelung der Partikel des Messaerosols 8 aufweist. Insbesondere umfasst die Messvorrichtung 10 ein optisches Messgerät zur Detektion von Partikeln.

[0045] Ferner umfasst der Kondensationspartikelzähler 1 eine Temperieranordnung 11, die dazu geeignet und/oder eingerichtet ist, eine Beheizung und gegebenenfalls eine Kühlung vorzunehmen. Insbesondere erstreckt sich durch den gesamten Kondensationspartikelzähler 1 ein Hauptkanal 12, durch den anfänglich nur das Trägergas 3 und in weiterer Folge auch der Betriebsstoff 2 und das Messaerosol 8 hindurchgefördert werden. Die Temperieranordnung 11 kann beispielsweise derart ausgestaltet sein, dass ein Teil, im vorliegenden Fall der Sättiger 5, beheizt ist. Der Kondensationsbereich 9 kann beispielsweise eine Temperatur aufweisen, die geringer ist als die Temperatur im Bereich des Sättigers 5, womit die physikalischen Rahmenbedingungen im Verlauf des Hauptkanals 12 derart abgeändert werden, dass zuerst eine Anreicherung bzw. eine Sättigung des Trägergases 3 mit dem Betriebsstoff 2 erfolgt, und dass es anschließend im Kondensationsbereich 9, beispielsweise durch eine aktive oder passive Kühlung, zu einer Übersättigung kommt.

[0046] Günstigerweise wird das Trägergas 3 im Messbetrieb von der Temperieranordnung 11 im Sättiger 5 auf eine Sättigertemperatur temperiert, wobei die Sättigertemperatur größer ist als die Temperatur des Trägergases 3 im Kondensationsbereich 9 und insbesondere größer ist als 200°C oder 210°C. Demnach wird das Trägergas 3 im Messbetrieb von der Temperieranordnung 11 im Kondensationsbereich 9 auf eine Kondensationstemperatur von über 150°C, vorzugsweise von über 190°C temperiert.

[0047] Insbesondere kann durch die Temperieranordnung 11 die Temperatur des Messaerosols 8 im Kondensationspartikelzähler 1 über einem gewissen Minimalwert gehalten werden, sodass eine Kondensation von im Messaerosol enthaltenem Wasserdampf oder Schwefelsäuredampf vermieden wird. Bevorzugt liegt in allen Ausführungsformen des Kondensationspartikelzählers die Minimaltemperatur oberhalb der Taupunkttemperatur von Wasser und/oder oberhalb der Taupunkttemperatur von Schwefelsäure. Günstigerweise ist die Temperatur des Trägergases 3 und/oder des Messaerosols 8 im Kondensationsbereich 9 kleiner als die Sättigertemperatur aber größer als 180°C, insbesondere größer als 190°C.

[0048] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Messaerosolstrom des Messaerosols 8 derart beheizt wird, dass die Temperatur des Messaerosolstroms an jeder Stelle des Hauptkanals 12 größer ist als die Säuretaupunkttemperatur der gegebenenfalls im Messaerosolstrom enthaltenen Säuren, insbesondere der Schwefelsäure, wobei die Säuretaupunkttemperatur insbesondere im Bereich von 120°C bis 150°C liegt.

[0049] Demnach ist der erfindungsgemäße Kondensationspartikelzähler 1 als HT-CPC ausgeführt. Bei einem als HAT-CPC bzw. Hochtemperatur-Kondensationspartikelzähler ausgebildeten Kondensationspartikelzähler liegt die Minimaltemperatur des Messaerosols insbesondere über der Säuretaupunkttemperatur von Schwefelsäure. Die Säuretaupunkttemperatur liegt in der Regel im Bereich von 120°C bis 150°C.

[0050] Der Sättiger 5 umfasst in der vorliegenden Ausführungsform einen Sättigungskörper 27, der entlang des Hauptströmungspfads 4 mehrere Sättigungskanäle 28 umfasst. Die Sättigungs-

kanäle 28 sind jeweils durch Sättigungskanalwände 29 voneinander getrennt. Der Sättiger 5 umfasst einen Sättigungsraum 31 mit einem wannenförmigen Abschnitt 30. Form und/oder Verlauf des Sättigungsraums 31 im Sättiger 5 ist an die Form und/oder den Verlauf des Sättigungskörpers 27 angepasst.

[0051] Der Sättigungsraum 31 ist entlang des Hauptströmungspfads 4 rohrförmig ausgebildet.

[0052] Im - bei bestimmungsgemäßer Verwendung geodätisch - oberen Bereich, oberhalb des wannenförmigen Abschnitts 30 ist eine Druckausgleichsöffnung 35 vorgesehen. Der Sättigungskörper 27 ist in der vorliegenden Ausführungsform in dem Sättigungsraum 31 angeordnet und ragt in den wannenförmigen Abschnitt 30. Der Sättigungskörper 27 ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ein poröser Körper, der zumindest teilweise mit dem Betriebsstoff 2 befüllt bzw. getränkt und/oder befüllbar bzw. tränkbar ist. Beim Durchströmen der Sättigungskanäle 28 wird das Trägergas 3 mit dem Betriebsstoff 2 angereichert oder gesättigt. Zur Zuführung des Betriebsstoffs 2 ist eine Betriebsstoffzuleitung 32 vorgesehen, die mit einem Betriebsstoffreservoir 33 verbunden ist. In der vorliegenden Ausführungsform umfasst der Sättiger 5 überdies die oben erwähnte Druckausgleichsöffnung 35. In der vorliegenden Ausführungsform kann der wannenförmige Abschnitt 30 teilweise oder vollständig mit dem Betriebsstoff 2 gefüllt werden. Hierzu ist der wannenförmige Abschnitt 30 durch den unteren Teil des Sättigungsraums 31 begrenzt, der zusätzlich entlang des Hauptströmungspfads vor und nach dem Sättigungskörper 27 eine Stufe bzw. eine Schulter umfasst, sodass eine Wanne gebildet ist, in der der bevorzugt flüssig zugeführte Betriebsstoff 2 angeordnet sein kann. Auch der Sättigungskörper 27 ragt bevorzugt in diesen wannenförmigen Abschnitt 30, wodurch, durch seine poröse Struktur, der Betriebsstoff 2 beispielsweise durch Kapillarwirkung den gesamten Sättigungskörper 27 tränkt.

[0053] Zur Einbringung des Messaerosols 8 in das mit Betriebsstoff 2 angereicherte Trägergas 3 ist die Düsenvorrichtung 6 vorgesehen. Die Düsenvorrichtung 6 umfasst eine Verteilerdüse 16, die in einem Düsenabschnitt 13 des Hauptkanals 12 angeordnet ist. Insbesondere ist die Verteilerdüse 16 beabstandet von der Wand 17 des Düsenabschnitts 13 angeordnet, womit sich in der vorliegenden Ausführungsform ein Ringspalt ergibt, in den das Messaerosol 8 eingebracht wird. Die Verteilerdüse 16 ragt dabei im Düsenabschnitt 13 entlang des Hauptströmungspfads 4 auskragend in den Hauptkanal 12 und umfasst einen als freies Ende ausgebildeten Endabschnitt 15. Der Endabschnitt 15 der Verteilerdüse 16 ist entlang des Hauptströmungspfads 4 im Düsenabschnitt 13 keilförmig oder konisch zusammenlaufend ausgebildet und bildet dadurch eine Spitze. Form und Verlauf des Hauptkanals 12 im Düsenabschnitt 13 sind Form und Verlauf der Verteilerdüse 16 angepasst. Derart folgt die Wand des Hauptkanals 12 im Düsenabschnitt 13 der Außenkontur der Verteilerdüse 16 beabstandet, wodurch der Hauptkanal 12 im Düsenabschnitt 13 einen ringförmigen Querschnitt aufweist oder ringspaltförmig ausgebildet ist. Der Ringspalt beginnt schon stromaufwärts der Düsenvorrichtung 6 im Bereich der Messaerosolzuleitung 7.

[0054] In der vorliegenden Ausführungsform ist der Kondensationspartikelzähler 1 als Hochtemperaturkondensationspartikelzähler ausgebildet. Dieser Kondensationspartikelzähler 1 hat den technischen Vorteil, dass das Messaerosol 8 im Wesentlichen unkonditioniert zugeführt werden kann. Da die Minimaltemperatur des Messaerosols 8 im Verlauf der maßgeblichen Komponenten des Kondensationspartikelzählers 1 oberhalb der Taupunkttemperatur von Wasser und gegebenenfalls auch Schwefelsäure liegt, werden Messfehler verringert, obwohl das Abgas ein im Wesentlichen ungetrocknetes und im Wesentlichen ungefiltertes Abgas einer Verbrennungskraftmaschine sein kann.

[0055] Um trotz der hohen Temperaturen einen stabilen Betrieb aufrechterhalten zu können, wird als Betriebsstoff 2 günstigerweise ein Alkan mit der Strukturformel C_nH_{2n+2} und einer Ordnungszahl n zwischen 16 und 24 verwendet. Dabei kommen auch dessen Isomere zur Anwendung. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird ein Alkan mit der Strukturformel $C_{20}H_{42}$, insbesondere Eicosan, verwendet. Als Trägergas wird ein Inertgas, insbesondere Stickstoff, verwendet. Dadurch wird verhindert, dass trotz der hohen Temperatur der Betriebsstoff 2 im Sättiger 5 oxidiert, crackt oder in sonstiger Weise seine molekulare Struktur ungewünscht än-

dert. Durch die Zuleitung des Messaerosols 8 nach dem Sättiger 5 wird zusätzlich noch verhindert, dass Bestandteile des Messaerosols 8 die Funktion des Sättigers 5 beeinträchtigen. Um trotz der späten Beimengung des Messaerosols 8 eine ausreichende Durchmischung des Messaerosols 8 mit dem angereicherten oder gesättigten Trägergas 3 zu bewirken, kann eine speziell ausgestaltete Düsenvorrichtung vorgesehen sein.

[0056] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Details der Düsenvorrichtung 6, insbesondere der Düsenvorrichtung 6 aus Fig. 1.

[0057] Der Hauptkanal 12 umfasst einen Düsenabschnitt 13 mit einer Wand 17. Innerhalb des Hauptkanals 12, insbesondere im Düsenabschnitt 13, ist beabstandet von der Wand 17 die Verteilerdüse 16 angeordnet. Die Verteilerdüse 16 ragt damit im dargestellten Ausführungsbeispiel mittig in den Düsenabschnitt 13 des Hauptkanals 12. Die Verteilerdüse 16 verläuft im Wesentlichen entlang des Hauptströmungspfads 4 und weist, wie schon weiter oben erläutert, einen Endabschnitt 15 auf, der in der vorliegenden Ausführungsform als freies Ende ausgebildet ist.

[0058] Die Wand 17 des Düsenabschnitts 13 ist im Wesentlichen dem Verlauf der Verteilerdüse 16 angepasst. Durch die vorliegende Konfiguration ist zwischen der Verteilerdüse 16 und der Wand 17 des Düsenabschnitts 13 ein Ringkanal gebildet, der im bestimmungsgemäßen Betrieb von dem angereicherten Trägergas 3 durchströmt wird. In diesen Ringkanal wird durch die Düsenvorrichtung 6 das Messaerosol 8 beigemischt. Hierzu weist die Verteilerdüse 16 eine Eintrittsöffnung 22 bzw. einen Eintrittskanal 20 mit einem freien Eintrittsquerschnitt 18 auf. Durch diese Eintrittsöffnung 22 wird das Messaerosol 8 in die Verteilerdüse 16 eingebracht. Ferner weist die Verteilerdüse 16 mindestens eine Austrittsöffnung 19 zur verteilten Beimengung des Messaerosols 8 in das angereicherte Trägergas auf. Zur Verbindung der Eintrittsöffnung 22 mit der Austrittsöffnung 19 sind ein Eintrittskanal 20 und mindestens ein Verteilerkanal 21 vorgesehen. In der vorliegenden Ausführungsform sind mehrere Austrittsöffnungen 19 vorgesehen, von denen jeweils ein Verteilerkanal 21 Richtung Eintrittskanal 20 verläuft, um dadurch das den Eintrittskanal 20 durchströmende Messaerosol 8 über die Verteilerkanäle 21 an alle Austrittsöffnungen 19 zu verteilen.

[0059] Die Austrittsöffnungen 19 sind dabei in einem Austrittsabschnitt 26 der Verteilerdüse 16 am Umfang bzw. am Mantel der Verteilerdüse 16 ausgeführt. Bevorzugt sind die Austrittsöffnungen entlang dem Umfang des Mantels der Verteilerdüse 16 in einer Reihe, insbesondere unmittelbar nebeneinander angeordnet, wie teilweise in Fig. 4 erkennbar ist. An den Austrittsabschnitt 26 schließt der Endabschnitt 15 - insbesondere unmittelbar - an.

[0060] Die Zuführung des Messaerosols 8 zur Verteilerdüse 16 erfolgt über die Messaerosolzuleitung 7. In der vorliegenden Ausführungsform umfasst die Messaerosolzuleitung 7 ein freies Ende 24, das auf die Eintrittsöffnung 22 gerichtet ist. Insbesondere ragt die Eintrittsöffnung 22 bzw. der Eintrittskanal 20 in das freie Ende 24 der Messaerosolzuleitung 7. Ferner ist in der vorliegenden Ausführungsform eine Überlauföffnung 23 vorgesehen. Überschüssiges Messaerosol 8, das nicht in die Eintrittsöffnung 22 bzw. den Eintrittskanal 20 eingebracht wird, wird über die Überlauföffnung 23 abgeführt. Insbesondere weist das freie Ende 24 der Messaerosolzuleitung 7 einen freien Querschnitt 25 auf, der größer ist, als der Eintrittsquerschnitt 18 und/oder die Eintrittsöffnung 22.

[0061] In der vorliegenden Ausführungsform ist der Eintrittsquerschnitt 18 der Eintrittsöffnung 22 bzw. des Eintrittskanals 20 derart ausgestaltet, dass der Eintrittsquerschnitt 18 jenes Element im Verlauf der Strömung in der Verteilerdüse 16 ist, das den größten Strömungswiderstand aufweist. Der Eintrittsquerschnitt 18 wirkt dadurch als Drossel bzw. als Durchflussregler. Im dargestellten Fall mehrere Austrittsöffnungen 19 ist der freie Eintrittsquerschnitt 18 kleiner als der kleinste Gesamtaustrittsquerschnitt aller Austrittsöffnungen 19. Im nicht dargestellten Fall einer einzigen Austrittsöffnung 19 ist der freie Eintrittsquerschnitt 18 kleiner als der kleinste Gesamtquerschnitt aller Verteilerkanäle 21 oder, im Fall eines einzigen Verteilerkanals 21, dieses Verteilerkanals 21.

[0062] Günstigerweise ist der freie Eintrittsquerschnitt 18 durch eine Rohrleitung mit definierter Geometrie gebildet. Insbesondere ist ein Rohrabschnitt mit kreisrundem freien Querschnitt vorgesehen, wobei der freie Durchmesser 0,5 - 1,5 mm, bevorzugt 0,7 mm betragen kann. Die Länge ist mit 10 - 25 mm vorgesehen.

[0063] Der tatsächlich durch die Verteilerdüse 16 geförderte Volumenstrom des Messaerosols 8 ist durch diese Konfiguration im Wesentlichen durch den Druckunterschied zwischen der Eintrittsöffnung 22 und der Austrittsöffnung 19 definiert. Bei bekannten Drücken kann durch den ebenfalls bekannten Drosseleffekt des Eintrittsquerschnitts 18 der Volumenstrom des Messaerosols bestimmt und insbesondere gesteuert oder geregelt werden. Der Eintrittskanal 20 kann in allen Ausführungsformen, insbesondere als Kapillare ausgestaltet sein, oder eine Kapillare umfassen.

[0064] So entspricht der Druck im Bereich der Austrittsöffnung 19 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform im Wesentlichen dem Umgebungsdruck. Der Druck im Bereich der Eintrittsöffnung 22 entspricht dem Staudruck der durch das Messaerosol 8 angeströmten Eintrittsöffnung 22.

[0065] In einer alternativen Ausführungsform entspricht der Druck im Bereich der Austrittsöffnung 19 bezüglich dem Umgebungsdruck einem Unterdruck, wobei der Druck im Bereich der Eintrittsöffnung 22 im Wesentlichen dem Umgebungsdruck entspricht.

[0066] Bevorzugt ist der Kondensationspartikelzähler derart ausgestaltet, dass mindestens eine Steuervorrichtung zur Beeinflussung, Steuerung oder Regelung des Volumenstroms des Trägergases 3 vorgesehen ist, dass mindestens eine Steuervorrichtung zur Beeinflussung, Steuerung oder Regelung des Volumenstroms des Messaerosols 8 vorgesehen ist, und dass die beiden Steuervorrichtungen zumindest einen Teil einer Regelvorrichtung zur Regelung der Verdünnung des Messaerosols durch das Trägergas 3 bilden.

[0067] Bevorzugt ist der Kondensationspartikelzähler derart ausgestaltet, dass die Regelvorrichtung, zur Anpassung der Verdünnung des Messaerosols 8 unter Berücksichtigung der im Messaerosol 8 enthaltenen Partikelanzahl oder Partikeldichte, Messdaten der Messvorrichtung 10 verarbeitet.

[0068] Eine Steuervorrichtung zur Beeinflussung, Steuerung oder Regelung eines Volumenstroms kann beispielsweise ein steuerbares Ventil und/oder eine steuerbare Fördervorrichtung wie beispielsweise ein Gebläse oder ein Sauggebläse umfassen oder sein. Durch eine derartige Steuervorrichtung können der Volumenstrom und dadurch gegebenenfalls auch die Druckverhältnisse im Verlauf der Strömung beeinflusst werden. Über die spezielle Ausgestaltung der Verteilerdüse 16 kann hierdurch die Verdünnung des Messaerosols 8 durch das Trägergas 3 geregelt werden. Die beiden Steuervorrichtungen sind bei einer derartigen Ausgestaltung ein Teil einer Regelvorrichtung zur Regelung der Verdünnung des Messaerosols 8.

[0069] Insbesondere kann der Durchfluss bzw. der Volumenstrom des Messaerosols 8 durch den Eintrittskanal 20 bei bekannten Strömungsverhältnissen unter Berücksichtigung der Druckdifferenz vor und nach der Verteilerdüse 16 bestimmt und somit gegebenenfalls durch eine Einstellung der Druckdifferenz geregelt werden.

[0070] Gemäß einer ersten möglichen Betriebsart kann das Trägergas 3 derart durch den Hauptkanal 12 gefördert werden, dass im Hauptkanal 12 und dadurch auch im Bereich der Austrittsöffnungen 19 der Verteilerdüse 16 im wesentlichen Umgebungsdruck herrscht. Über eine Steuerung oder Regelung des Volumenstroms des zugeführten Messaerosols 8 kann der Staudruck im Bereich der Eintrittsöffnung 22 gesteuert oder geregelt werden. Die sich daraus ergebende Druckdifferenz ermöglicht eine Bestimmung des Volumenstroms des in das Trägergas 3 eingebrachten Messaerosols 8. Bei bekanntem Volumenstrom des Trägergases kann dadurch die Verdünnung des Messaerosols 8 bestimmt werden.

[0071] Gemäß einer weiteren möglichen Betriebsart kann das Trägergas 3 durch den Hauptkanal 12 gesaugt werden, wobei das Sauggebläse bevorzugt nach der Messvorrichtung 10 vorge-

sehen ist. Über ein oder mehrere Steuerventile kann nun im Hauptkanal 12 ein Unterdruck eingestellt werden. Beispielsweise kann in jenem Bereich, in dem das Trägergas in den Kondensationspartikelzähler 1 und dadurch auch in den Hauptkanal 12 eintritt, ein Durchflussregler oder Durchflussventil vorgesehen sein. Die Zuführung des Messaerosols 8 durch die Messaerosolzuleitung 7 kann, beispielsweise bei ausreichend großer Dimensionierung der Überlauföffnung 23, im Wesentlichen bei Umgebungsdruck erfolgen. Durch diese Konfiguration ist die Druckdifferenz vor und nach der Verteilerdüse 16 bekannt, womit die Verdünnung des Messaerosols 8 im Trägergas 3 bestimmt werden kann.

[0072] Gemäß einer weiteren möglichen Betriebsart kann sowohl der Druck im Bereich der Eintrittsöffnung 22 der Verteilerdüse 16 als auch der Druck im Bereich der Austrittsöffnung(en) 19 der Verteilerdüse 16 vom Umgebungsdruck abweichen, aber bekannt oder messbar sein, sodass auch die Druckdifferenz und die Verdünnung bestimmt werden können.

[0073] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann die Regelvorrichtung direkt oder indirekt mit der Messvorrichtung 10 verbunden sein. Insbesondere werden dabei Messdaten der Messvorrichtung von der Regelvorrichtung verarbeitet oder berücksichtigt. Dadurch kann die Verdünnung beispielsweise an den Partikelgehalt des Messaerosols 8 angepasst werden. Weist das Messaerosol einen hohen Partikelgehalt auf, so kann die Verdünnung erhöht werden. Weist das Messaerosol einen niedrigen Partikelgehalt auf, so kann die Verdünnung verringert werden. Hierdurch wird die Messgenauigkeit des Kondensationspartikelzählers verbessert. Eine Veränderung der Verdünnung kann wie oben beschrieben erfolgen.

[0074] In der vorliegenden Ausführungsform sind die Austrittsöffnungen 19 trichterförmig ausgeführt und erweitern sich ausgehend von dem Verteilerkanal 21 nach außen. Günstigerweise ist dabei der Verteilerkanal 21 in einem ersten Abschnitt, anschließend an den Eintrittskanal 20, mit konstantem Querschnitt ausgebildet und der Querschnitt nimmt ab einem gewissen Abstand vom Eintrittskanal trichterförmig zu.

[0075] In der vorliegenden Ausführungsform der Verteilerdüse 16 mündet die Austrittsöffnung 19 schräg in den Hauptkanal 12. Der Öffnungswinkel beträgt in der vorliegenden Ausführungsform etwa 60°. Es sind insbesondere acht Bohrungen mit einem Durchmesser von jeweils etwa 1 mm und einer Neigung von etwa 50° zur Vertikalachse vorgesehen. Diese Konfiguration ist, wie bevorzugt das gesamte Strömungssystem, auf einen für derartige Systeme üblichen Volumenstrom von 1 Norm-Liter/min (1 NL/min, 1.000 sccm) ausgelegt. Selbstverständlich ist, im Rahmen der vorliegenden Erfindung, eine Anpassung an andere Volumenströme durch entsprechende konstruktive Adaptierungen möglich.

[0076] Figur 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform des Kondensationspartikelzählers, insbesondere des Kondensationspartikelzählers aus der Figur 1, wobei die Schnittebene im Wesentlichen eine Normalebene des auf Strömungskanal im Bereich des Sättigers 5 ist. Die Schnittebene verläuft durch den Sättigungskörper 27, die Sättigungskanäle 28, die Sättigungskanalwände 29, den Sättigungsraum 31, den wannenförmigen Abschnitt 30 des Sättigungsraums 31 entlang der Betriebsstoffzuleitung 32 durch das Betriebsstoffreservoir 33, die Füllstandsregelvorrichtung 34 und durch die Druckausgleichsöffnung 35. Die Füllstandsregelvorrichtung 34 ist dabei zur Regelung des Füllstands des Betriebsstoffs 2 im Betriebsstoffreservoir 33 vorgesehen und ist über die Betriebsstoffzuleitung 32 zur Regelung oder Steuerung der Betriebsstoffzufuhr an den Sättigungskörper 27 eingerichtet.

[0077] Durch die spezielle Anordnung der Betriebsstoffzuleitung 32 sind der wannenförmige Abschnitt 30 und das Betriebsstoffreservoir 33 als kommunizierende Gefäße ausgebildet bzw. wirken als kommunizierende Gefäße. Über eine Füllstandsregelung im Betriebsstoffreservoir 33 kann dadurch auch der Füllstand in dem wannenförmigen Abschnitt 30 gesteuert bzw. geregelt werden. Hierzu ist die Betriebsstoffzuleitung 32 ringförmig ausgebildet und jeweils von unten an den wannenförmigen Abschnitt 30 und an das Betriebsstoffreservoir 33 angeschlossen.

[0078] Der Sättigungskörper 27 ist in der vorliegenden Ausführungsform zumindest teilweise, bevorzugt vollständig aus einem porösen Material, insbesondere aus einem porösen Alumini-

umoxidkeramikwerkstoff, gebildet. Der Sättigungskörper 27 ragt in den wannenförmigen Abschnitt 30, der zumindest teilweise mit dem Betriebsstoff 2 gefüllt ist. Durch die poröse Struktur wird der Sättigungskörper 27 selbsttätig mit dem Betriebsstoff 2 getränkt. Der Sättigungskörper 27 umfasst mehrere Sättigungskanäle 28, die im bestimmungsgemäßen Betrieb von dem Trägergas 3 durchströmt werden. Die Sättigungskanalwände 29, durch die die Sättigungskanäle 28 gebildet sind, oder die zwischen den Sättigungskanäle 28 verlaufen, sind ebenfalls zumindest teilweise aus dem porösen Material gebildet und mit dem Betriebsstoff 2 getränkt. Wird nun der Sättigungsraum 31 von dem Trägergas 3 durchströmt, so strömt das Trägergas 3 durch die Sättigungskanäle 28 und wird dabei über die Sättigungskanalwände 29 mit dem Betriebsstoff 2 angereichert oder gesättigt.

[0079] Figur 4 zeigt eine schematische Schrägansicht einer Ausführungsform einer Verteilerdüse 16, insbesondere der Verteilerdüse 16, aus den Figuren 1 und 2. Die Verteilerdüse 16 umfasst mehrere Austrittsöffnungen 19. In dieser Ausführungsform sind die Austrittsöffnungen 19 entlang des Umfangs bzw. des Mantels der Verteilerdüse 16 verteilt angeordnet. Gemäß dieser Ausführungsform sind die Austrittsöffnungen 19 im Wesentlichen schräg radial verlaufend und gleichmäßig beabstandet verteilt an der Verteilerdüse 16 angeordnet. Insbesondere sind die Austrittsöffnungen 19 in einer Reihe nebeneinander angeordnet. Die Austrittsöffnungen 19 sind trichterförmig ausgebildet und erweitern sich vom Querschnitt der Verteilerkanäle 21 nach außen. Dadurch wirken die Austrittsöffnungen 19 als eine Art Diffusor, wodurch eine verbesserte Durchmischung bei der Beimengung des Messaerosols in das Trägergas bewirkt wird.

[0080] Eine gute Durchmischung ist in allen Ausführungsformen vorteilhaft, damit die Partikel ohne Koinzidenz-Fehler getrennt voneinander und damit individuell durch Anlagerung des Betriebsstoffes wachsen können. Dies wird insbesondere durch die konstruktiven Maßnahmen einer laminaren Strömung, einer angepassten Strömungsgeschwindigkeit und/oder der Ausgestaltung der Düsenvorrichtung 6 begünstigt.

[0081] Die Verteilerdüse 16 weist einen Endabschnitt 15 auf, der als freies Ende der Verteilerdüse 16 ausgebildet ist. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Endabschnitt 15 kegelförmig zusammenlaufend ausgebildet, wodurch an dem Endabschnitt 15 eine Spitze gebildet ist.

[0082] Figur 5 zeigt eine Ausführungsform eines Sättigungskörpers 27, insbesondere des Sättigungskörpers 27, der Figuren 1 und 3. Der Sättigungskörpers 27 weist bevorzugt einen der Form des Sättigungsraums 31 angepasste Form auf. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Sättigungskörper 27 zylinderförmig ausgebildet. Der Sättigungskörper 27 weist eine Vielzahl an Sättigungskanälen 28 auf, die bevorzugt entlang des Hauptströmungspfads 4 verlaufen. Insbesondere ist der Verlauf des Hauptströmungspfads 4 durch den Verlauf der Sättigungskanäle 28 bestimmt. Die Sättigungskanäle 28 sind in der vorliegenden Ausführungsform durch die Sättigungskanalwände 29 gebildet. Diese verlaufen in der vorliegenden Ausführungsform waben- oder rasterförmig entlang des Hauptströmungspfads 4 durch den Sättigungskörper 27. Dadurch weisen die waben- oder rasterförmigen Sättigungskanäle 28 der Ausführungsform der Figur 5 einen im Wesentlichen rechteckigen bzw. quadratischen Querschnitt auf. Bevorzugt ist der Querschnitt der Sättigungskanäle 28 im Verlauf der Sättigungskanäle 28 entlang des Hauptströmungspfads 4 konstant. Die Sättigungskanäle 28 nehmen in einer Normalebene des Hauptströmungspfads 4 mehr als 70%, vorzugsweise mehr als 80%, der Querschnittsfläche des Sättigungskörpers 27 ein, wobei unvollständige Sättigungskanäle 28 am Rand des Sättigungskörpers 27 nicht berücksichtigt sind.

[0083] Der Sättigungskörpers 27 ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform aus einem porösen Aluminiumoxidkeramikwerkstoff gebildet. Dieser Werkstoff besteht vorzugsweise zu über 80 % aus einer Mischung aus Al_2O_3 und SiO_2 . Günstigerweise enthält der Aluminiumoxidkeramikwerkstoff 45-55% (z.B. 51,7%) Al_2O_3 und/oder 38-45% (z.B. 42%) SiO_2 . In einer Variante der Erfindung ist zusätzlich auch 3-5% K_2O , insbesondere 4,1% K_2O , enthalten, wobei zusätzlich weitere Bestandteile wie Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO und/oder Na_2O , jeweils im Bereich von oder unterhalb 1% enthalten sein können. Dabei weist der Aluminiumoxidkeramikwerkstoff bevorzugt eine Dichte von 2-3, insbesondere von $2,7\text{g/cm}^3$ nach der hydrostatischen Methode

DIN VDE 0335/2 und eine Wasserabsorption von kleiner als 0,1% insbesondere von 0% nach der hydrostatischen Methode DIN VDE 0335/2 auf.

[0084] Der Sättigungskörper 27 bzw. der Aluminiumoxidkeramikwerkstoff weist günstigerweise eine Porosität auf, die eine ausreichende Kapillarwirkung für das Betriebsmittel bzw. den Betriebsstoff 2 aufweist. Beispielsweise sollte ein Sättigungskörper 27 mit einem Durchmesser von etwa 2,5cm zur Gänze benetzt oder getränkt werden, wenn er beispielsweise etwa 1/5 tief im Betriebsstoff 2 steht.

[0085] Ein Verfahren zum Betrieb eines erfindungsgemäßen Kondensationspartikelzählers 1 sieht dabei vor, dass ein Trägergas 3 - insbesondere ein Inertgas wie z.B. Stickstoff - entlang eines Hauptströmungspfads 4 durch den Kondensationspartikelzähler 1 gefördert wird, wobei das Trägergas 3 bei der Durchströmung des Kondensationspartikelzählers 1 entlang des Hauptströmungspfads 4 von einer Temperieranordnung 11 zumindest abschnittsweise temperiert wird. Entlang des Hauptströmungspfads 4 wird nacheinander:

[0086] - das Trägergas 3 durch einen Sättiger 5 mit einem Betriebsstoff 2 - insbesondere ein Alkan mit der Strukturformel C_nH_{2n+2} und einer Ordnungszahl n zwischen 16 und 24 bzw. zugehörige Isomere, z.B. mit Strukturformel $C_{20}H_{42}$ und insbesondere Eicosan - angereichert oder gesättigt;

[0087] - dem angereicherten Trägergas 3 durch eine Düsenvorrichtung 6 ein Messaerosol 8 beigemischt;

[0088] - die Mischung enthaltend das Trägergas 3, den Betriebsstoff 2 und das Messaerosol 8 in einem Kondensationsbereich 9 übersättigt; und

[0089] - die durch das kondensierte Betriebsmittel vergrößerten Partikel des Messaerosols 8 in einer Messvorrichtung 10 detektiert.

[0090] Trägergas 3 und Messaerosol 8 werden im Messbetrieb von der Temperieranordnung 11 im Kondensationsbereich 9 auf eine Kondensationstemperatur von über 150°C, vorzugsweise von über 190°C temperiert.

[0091] Die Figuren 1-5 betreffen bevorzugt eine einzige vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kondensationspartikelzählers bzw. einer erfindungsgemäßen Anordnung umfassend einen Kondensationspartikelzähler.

[0092] Grundsätzlich können die Düsenvorrichtung 6 und insbesondere die Verteilerdüse 16 jedoch auch zur Verbesserung der Beimischung des Messaerosols in einem herkömmlichen Kondensationspartikelzähler eingesetzt werden.

[0093] Grundsätzlich kann auch der Sättiger 5 und insbesondere der Sättigungskörper 27 sowie die Steuerung des Füllstands im Sättigungsraum in einem herkömmlichen Kondensationspartikelzähler eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Kondensationspartikelzähler (1) umfassend:
 - einen Hauptkanal, der im Messbetrieb entlang eines Hauptströmungspfads (4) von einem Trägergas (3) durchströmt wird,
 - einen Sättiger (5) zur Anreicherung, insbesondere zur Sättigung, des Trägergases (3) mit einem Betriebsstoff (2),
 - eine entlang des Hauptströmungspfads (4) nach dem Sättiger (5) in einen Düsenabschnitt (13) des Hauptkanals (12) mündende Düsenvorrichtung (6), die mit einer Messaerosolzuleitung (7) verbunden und zur Einbringung eines partikelbeladenen Messaerosols (8) in das angereicherte Trägergas (3) eingerichtet ist,
 - einen entlang des Hauptströmungspfads (4) nach der Düsenvorrichtung (6) angeordneten Kondensationsbereich zur Übersättigung der Mischung enthaltend das Trägergas (3), den Betriebsstoff (2) und das Messaerosol (8),
 - eine entlang des Hauptströmungspfads (4) nach dem Kondensationsbereich (9) angeordnete Messvorrichtung zur Detektion der durch den kondensierten Betriebsstoff vergrößerten Partikel des Messaerosols (8),
 - und eine Temperieranordnung (11) zur Temperierung des Trägersaerosols,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass die Düsenvorrichtung (6) eine Verteilerdüse (16) zur verteilten Beimengung des Messaerosols (8) in das im Messbetrieb angereicherte und den Düsenabschnitt (13) des Hauptkanals (12) durchströmende Trägergas (3) umfasst.
2. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verteilerdüse (16) beabstandet von der Wand des Düsenabschnitts (13), insbesondere mittig, in den Düsenabschnitt (13) des Hauptkanals (12) ragt.
3. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass die Verteilerdüse (16) eine Eintrittsöffnung (22) mit einem freien Eintrittsquerschnitt (18) zur Zuleitung des Messaerosols (8) in die Verteilerdüse aufweist,
 - dass die Verteilerdüse mindestens eine Austrittsöffnung (19) zur verteilten Beimengung des Messaerosols (8) in das im Messbetrieb angereicherte und den Düsenabschnitt (13) des Hauptkanals (12) durchströmende Trägergas (3) aufweist,
 - dass die Verteilerdüse (16) einen an die Eintrittsöffnung (22) anschließenden Eintrittskanal (20) aufweist,
 - und dass die Verteilerdüse (16) pro Austrittsöffnung (19) einen von dem Eintrittskanal (20) abzweigenden und in die Austrittsöffnung (19) mündenden Verteilerkanal (21) aufweist.
4. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eintrittsöffnung (22) oder der Eintrittskanal (20) mit ihrem oder seinem freien Eintrittsquerschnitt (18) im Verlauf des die Verteilerdüse (16) durchströmenden Messaerosols (8) das Element mit dem größten Strömungswiderstand ist und dadurch als Volumenstrombegrenzer des Messaerosols (8) wirkt oder ausgebildet ist.
5. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der freie Eintrittsquerschnitt (18)
 - kleiner ist als der kleinste Gesamtaustrittsquerschnitt aller Austrittsöffnungen (19) oder, im Falle einer einzigen Austrittsöffnung (19), der Austrittsöffnung (19),
 - und kleiner ist als der kleinste Gesamtquerschnitt aller Verteilerkanäle (21) oder, im Falle eines einzigen Verteilerkanals (21), des Verteilerkanals (21).
6. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der freie Eintrittsquerschnitt (18) durch eine Rohrleitung mit definierter Geometrie und insbesondere durch einen Rohrabschnitt mit einem kreisrunden freien Querschnitt und einem freien Durchmesser von 0,5 - 1,5 mm, insbesondere von 0,7mm; und gegebenenfalls einer Länge von 10 - 25 mm gebildet ist.

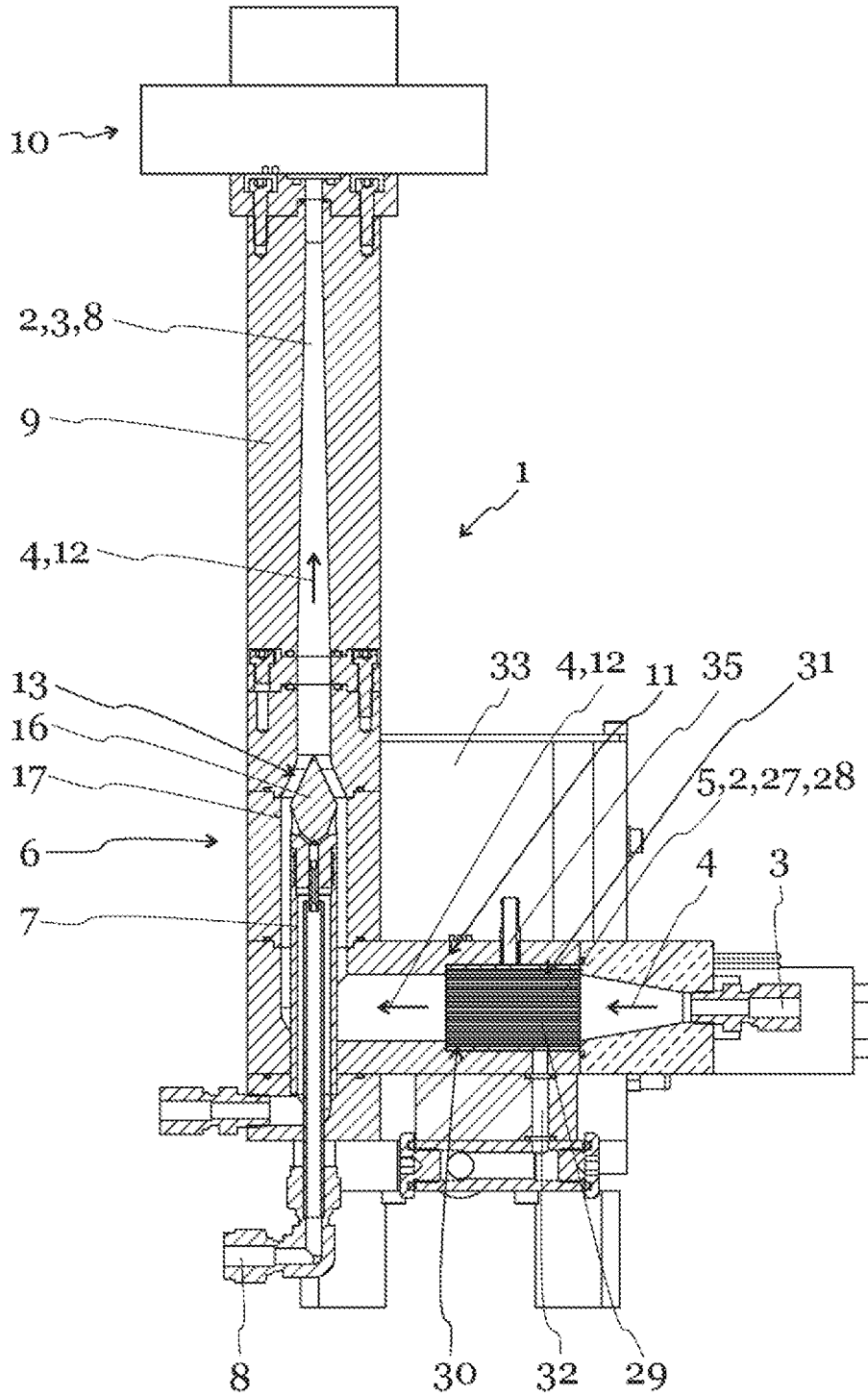
7. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass die Messaerosolzuleitung (7), zum Aufbau eines Staudrucks an oder unmittelbar vor der Eintrittsöffnung (22) durch Anströmung der Eintrittsöffnung (22) mit dem Messaerosol (8), auf die Eintrittsöffnung (22) gerichtet ist,
 - und dass im Bereich der Eintrittsöffnung (22) mindestens eine Überlauföffnung (23) zur Ableitung des bei der Anströmung nicht in die Eintrittsöffnung (22) eingebrachten Messaerosols (8) bzw. des überschüssigen Messaerosols (8) vorgesehen ist.
8. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass die Messaerosolzuleitung (7) ein freies Ende (24) aufweist,
 - dass der freie Querschnitt (25) des freien Endes (24) der Messaerosolzuleitung (7) größer ist als der Eintrittsquerschnitt (18) und/oder die Eintrittsöffnung (22),
 - wobei das freie Ende (24) der Messaerosolzuleitung (7) Richtung Eintrittsöffnung (22) gerichtet ist
 - und/oder wobei die Eintrittsöffnung (22) in das freie Ende (24) ragt.
9. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die mindestens eine Austrittsöffnung (19) oder alle Austrittsöffnungen (19) trichterförmig nach außen erweitert bzw. erweitern.
10. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass mehrere Austrittsöffnungen (19) vorgesehen sind,
 - und dass die Austrittsöffnungen (19) verteilt, insbesondere regelmäßig verteilt, am Umfang oder am Mantel der Verteilerdüse (16) angeordnet sind.
11. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Austrittsöffnungen (19) entlang des Mantels der Verteilerdüse (16), insbesondere unmittelbar nebeneinander, in einer Reihe angeordnet sind.
12. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verteilerdüse (16) im Düsenabschnitt (13) entlang des Hauptströmungspfads (4) auskragend in den Hauptkanal (12) ragt und einen als freies Ende ausgebildeten Endabschnitt (15) umfasst.
13. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Endabschnitt (15) der Verteilerdüse (16) entlang des Hauptströmungspfads (4) im Düsenabschnitt (13) keilförmig oder konisch zusammenlaufend ausgebildet ist und dadurch eine Spitze bildet.
14. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verteilerdüse (16) einen zylinderförmig ausgebildeten Austrittsabschnitt (26) aufweist, entlang dessen Umfang, an der Mantelfläche, die Austrittsöffnungen (19) angeordnet sind, und dass an den Austrittsabschnitt (26) der Endabschnitt (15), insbesondere unmittelbar, anschließt.
15. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass die Form und der Verlauf des Hauptkanals (12) im Düsenabschnitt (13) der Form und dem Verlauf der Verteilerdüse (16) angepasst sind,
 - und dass die Wand des Hauptkanals (12) im Düsenabschnitt (13) der Außenkontur der Verteilerdüse (16) beanstandet folgt, wodurch der Hauptkanal (12) im Düsenabschnitt (13) einen ringförmigen Querschnitt aufweist oder ringspaltförmig ausgebildet ist.

16. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hauptkanal (12) im Düsenabschnitt (13) und/oder im Kondensationsbereich (9) entlang des Hauptströmungspfads (4) konisch zusammenlaufend ausgebildet und insbesondere kegelförmig oder trichterförmig ausgebildet ist.
17. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass mindestens eine Steuervorrichtung zur Beeinflussung, Steuerung oder Regelung des Volumenstroms des Trägergases (3) vorgesehen ist,
 - dass mindestens eine Steuervorrichtung zur Beeinflussung, Steuerung oder Regelung des Volumenstroms des Messaerosols (8) vorgesehen ist,
 - und dass die beiden Steuervorrichtungen zumindest einen Teil einer Regelvorrichtung zur Regelung der Verdünnung des Messaerosols (8) durch das Trägergas (3) bilden.
18. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regelvorrichtung, zur Anpassung der Verdünnung des Messaerosols (8) unter Berücksichtigung der im Messaerosol (8) enthaltenen Partikelanzahl oder Partikeldichte Messdaten der Messvorrichtung (10) verarbeitet oder berücksichtigt.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

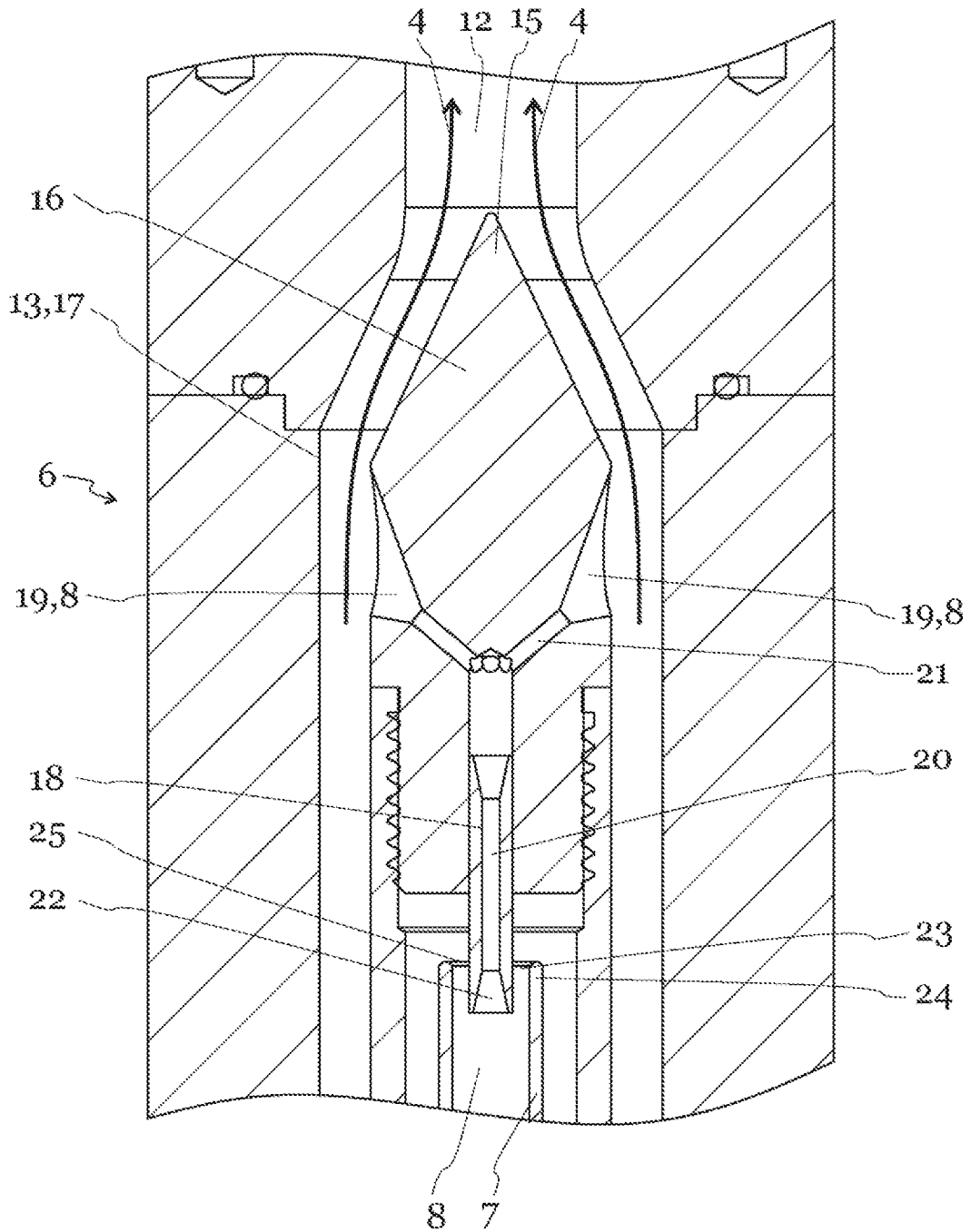
1/4

Fig.1



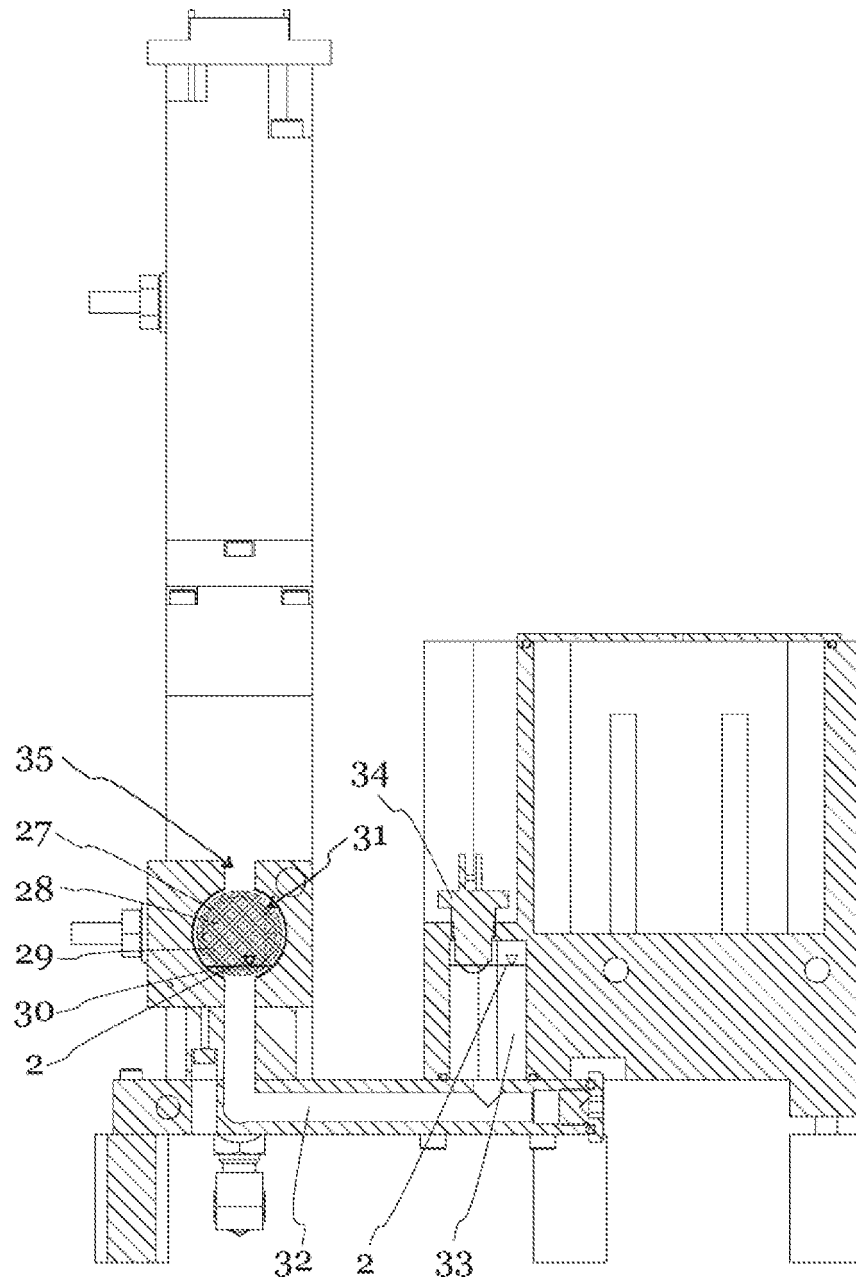
2/4

Fig.2



3/4

Fig.3



4/4

Fig.4

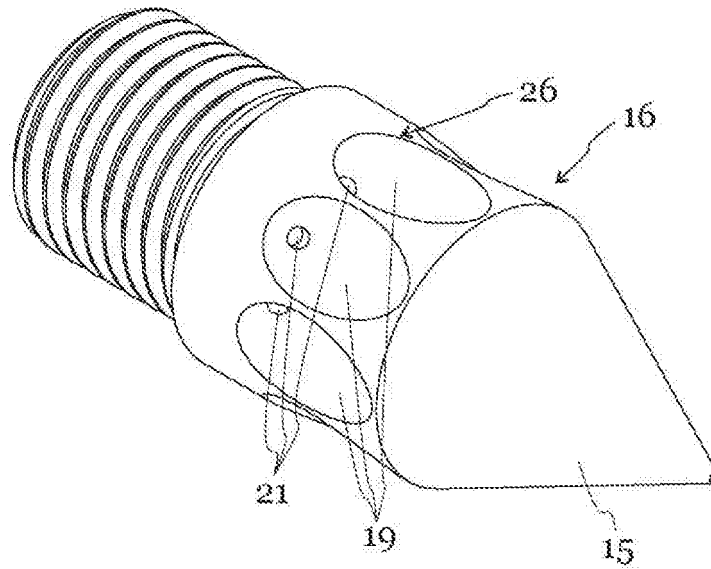


Fig.5

