

(19)



(10)

AT 517948 B1 2017-06-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 740/2015
 (22) Anmeldetag: 17.11.2015
 (45) Veröffentlicht am: 15.06.2017

(51) Int. Cl.: **G01N 15/06** (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01)
B01D 45/04 (2006.01)
G01N 15/02 (2006.01)
G01N 21/85 (2006.01)
G01N 21/94 (2006.01)
B01D 5/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 EP 1930713 A1
 US 2006172428 A1
 TSI INCORPORATED: "Model 3007
 Condensation Particle Counter", Operation and
 Service Manual 1930035, Revision C [online],
 August 2002 (08.2002) [ermittelt am 30. August
 2016 (30.08.2016)]. Ermittelt im Internet:
 <URL:http://www.aerosols.eas.gatech.edu/
 EAS%20Undergrad%20Lab/
 Appendix%202%203007%20CPC.pdf>

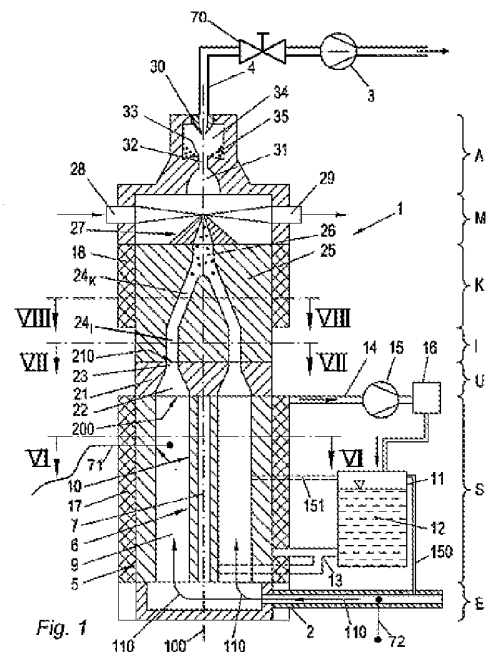
(73) Patentinhaber:
 AVL List GmbH
 8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
 Berger Christos Dipl. Ing.
 8010 Graz (AT)
 Cresnoverh Martin Dipl. Ing.
 8020 Graz (AT)
 Kerekgyarto Gergely
 8052 Graz (AT)

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

(54) Kondensationspartikelzähler mit Flutungsschutz

(57) Die Erfindung betrifft einen Kondensationspartikelzähler (1) mit einem Sättigungsabschnitt (S), dem zumindest ein Einlass (2) für einen mit Partikeln beladenen Strom eines Aerosols zugeordnet ist, wobei dem Sättigungsabschnitt (S) stromab (110) ein Kondensationsabschnitt (K), ein Messabschnitt (M) für Kondensationspartikel sowie ein Auslassabschnitt (A) nachgeordnet sind und im Auslassabschnitt eine kritische Düse (30) liegt, von welcher eine Auslassleitung (4) zu einer Pumpe (3) zum Absaugen des Aerosols führt, wobei in der Auslassleitung (4) zwischen der kritischen Düse (30) und der Pumpe (3) zumindest eine Ventilvorrichtung (70) vorgesehen ist und stromaufwärts eines Eingangs der kritischen Düse (30) zumindest eine Druckmesseinrichtung (71, 72) angeordnet ist, wobei die Auslassleitung (4) in Abhängigkeit eines Messwerts der Druckmesseinrichtung (71, 72) mittels der Ventilvorrichtung (70) ganz oder teilweise schließbar ist. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Kondensationspartikelzählers (1).



Beschreibung

KONDENSATIONSPARTIKELZÄHLER MIT FLUTUNGSSCHUTZ

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kondensationspartikelzähler mit einem Sättigungsabschnitt, dem zumindest ein Einlass für einen mit Partikeln beladenen Strom eines Aerosols zugeordnet ist, wobei dem Sättigungsabschnitt stromab ein Kondensationsabschnitt, ein Messabschnitt für Kondensationspartikel sowie ein Auslassabschnitt nachgeordnet sind und im Auslassabschnitt eine kritische Düse liegt, von welcher eine Auslassleitung zu einer Pumpe zum Absaugen des Aerosols führt. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Kondensationspartikelzählers.

[0002] Kondensationspartikelzähler sind optische Messgeräte zur Erfassung kleiner Feststoffpartikel mit Abmessungen beispielsweise im nm-Bereich, mit welchen ein Trägergas, z.B. Luft, Motorabgase etc. beladen ist. Dieses Trägergas mit den Partikeln wird im Folgenden mit dem einschlägigen Fachbegriff Aerosol bezeichnet. Kondensationspartikelzähler werden beispielsweise in der Reinraumtechnik oder zur Messung von Abgasströmen verwendet.

[0003] Feststoffpartikel im nm-Bereich sind zu klein, um direkt auf optischem Weg detektiert werden zu können. Um solche Feststoffpartikel doch messbar zu machen, werden Kondensationskernzähler verwendet, bei welchen das Aerosol, z.B. ein Abgas, durch eine übersättigte Atmosphäre geschickt wird. Die übersättigte Atmosphäre wird z.B. erzeugt, in dem das Abgas mit Dämpfen eines Betriebsmittels gesättigt und anschließend abgekühlt wird. Die Feststoffpartikel dienen dann als Kondensationskerne und sie werden durch heterogene Kondensation soweit vergrößert, dass sie optisch detektiert werden können. Die Größe der Feststoffpartikel, ab der dieser Kondensationsprozess stattfindet, ist von der Übersättigung abhängig und wird als Kelvin-Durchmesser bezeichnet. Je kleiner der Kelvindurchmesser für eine bestimmte Übersättigung ist, desto kleiner können die Feststoffpartikel sein, die zur Kondensation von Betriebsmittel führen. Entsprechend von Vorgaben, z.B. gesetzlichen Anforderungen, ist beispielsweise für Abgase von Kraftfahrzeugen der Partikelgrößenbereich von größer 20 nm, typischerweise 23 nm, bis 2.5 μm zu detektieren und das Abgas auf eine Temperatur von $<35^\circ\text{C}$ vor der eigentlichen Messung zu konditionieren. Durch die Kondensation steigt die Größe der Partikel an, beispielsweise auf ca. 5 μm . Partikel solcher Größe können einzeln optisch detektiert werden, z.B. mit optischen Partikelzählern auf Basis von Streulicht.

[0004] Ein Kondensationspartikelzähler besteht prinzipiell aus einer Sättigungseinheit, einer Kondensationseinheit und einer Messzelle, wie weiter unten im Detail beschrieben. Dabei sei zum relevanten Stand der Technik beispielsweise die EP 0 462 413 B genannt, welche eine Sättigungseinheit mit einem zylindrischen Körper aus porösem Material zeigt, an den in rechtem Winkel anschließend eine Kondensationseinheit und eine Messzelle folgen. Dabei wird die Betriebsflüssigkeit in einem Hohlraum der Sättigungseinheit bereitgestellt. Verluste der Betriebsflüssigkeit während des Messbetriebs werden permanent durch Zufuhr von außen ausgeglichen.

[0005] Die EP 2 194 370 A1 zeigt geometrisch eine ähnlich aufgebaute Vorrichtung, bei welcher die Sättigungseinheit eine besondere Absperreinrichtung besitzt, um das Eindringen von Betriebsmittel in die Messzelle zu verhindern.

[0006] Die WO 2012/142297 A1 zeigt ein Beispiel einer Sättigungseinheit für einen Kondensationspartikelzähler, bei welcher ein poröser Körper von mehreren Kanälen durchsetzt ist, durch welche das Aerosol strömen kann.

[0007] Schließlich ist der US 2013/0180321 A1 ein Kondensationspartikelzähler der gegenständlichen Art zu entnehmen, wobei ein poröser Körper an seinem Umfang eine Anzahl von Ausnehmungen aufweist, um einer unerwünschten Kapillarwirkung zwischen der äußeren Wandung und dem porösen Körper entgegenzuwirken.

[0008] Der eigentlichen Messzelle ist stromab eine Pumpe zum Absaugen des Aerosols nach-

geordnet, wobei häufig zwischen der Messzelle und der Pumpe eine kritische Düse im Strömungsweg liegt, wie dies beispielsweise die bereits genannte EP 2 194 370 A1 zeigt.

[0009] Nachteilig bei den bekannten Lösungen ist nun, dass es bei Problemen mit dem Zuleiten des Aerosols - wenn es beispielsweise die Leitung verstopft, abgeklemmt oder sonst wie verlegt wird - rasch zu einem Fluten des Partikelzählers kommen kann: Durch das Arbeiten der stromabwärts gelegenen Pumpe wird Betriebsflüssigkeit in sensible Bereiche des Zählers, insbesondere in die Messzelle gesaugt und es kommt zu einem Ausfall des Geräts.

[0010] Eine Aufgabe der Erfindung liegt darin, auf möglichst einfache und zuverlässige Weise diesem Problem entgegen zu wirken.

[0011] Diese Aufgabe wird mit einem Kondensationspartikelzähler der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in der Auslassleitung zwischen der kritischen Düse und der Pumpe zumindest eine Ventilvorrichtung vorgesehen ist und stromaufwärts eines Eingangs der kritischen Düse zumindest eine Druckmesseinrichtung angeordnet ist, wobei die Auslassleitung in Abhängigkeit eines Messwerts der Druckmesseinrichtung mittels der Ventilvorrichtung ganz oder teilweise schließbar ist.

[0012] Dank der Erfindung wird die Gefahr, dass es bei Verlegen der Aerosolzufuhr zum Zähler bzw. des Strömungswegs im Zähler zu einem Fluten und Defekten kommt, erheblich vermindert. Wenn es stromaufwärts der kritischen Düse zu einem problematischen Druckwert kommt, kann die Wirkung der Pumpleistung auf den Strömungsweg im Kondensationspartikelzähler reduziert oder ganz weggeschaltet werden, so dass ein Ansaugen der Betriebsflüssigkeit in kritische Bereiche verhindert wird. Dadurch kommt es nicht zu Beschädigungen oder womöglich einem Ausfall des Zählers, Wartungsaufwand kann reduziert werden.

[0013] In einer Variante der Erfindung ist zumindest eine erste Druckmesseinrichtung zwischen dem Einlass für das Aerosol in den Kondensationspartikelzähler und einem dem Messabschnitt zugewandten Eingang der kritischen Düse angeordnet. Damit kann auf einfache Weise der Absolutdruck innerhalb des Kondensationspartikelzählers herangezogen werden, um eine Betätigung der Ventilvorrichtung auszulösen.

[0014] In einer weiteren Variante ist stattdessen oder zusätzlich eine zweite Druckmesseinrichtung als Differenzdrucksensor ausgeführt und vorzugsweise im Einlass oder stromaufwärts des Einlasses angeordnet. Vorteilhafterweise ist mit der zweiten Druckmesseinrichtung die Druckdifferenz zwischen dem Einlass in den Kondensationspartikelzähler und einem Umgebungsdruck des Kondensationspartikelzählers messbar. Gemäß dieser Variante wird eine Differenzdruckmessung eingesetzt, um kritische Druckzustände im Kondensationspartikelzähler zu registrieren.

[0015] Besonders gute Ergebnisse werden erzielt, wenn die Auslassleitung durch die Ventilvorrichtung ganz oder teilweise schließbar ist, wenn der Messwert der Druckmesseinrichtung einen vorgegebenen Druckgrenzwert unterschreitet. Damit kann sichergestellt werden, dass bei Auftreten eines Unterdrucks im Zähler die einwirkende Pumpleistung reduziert oder weggeschaltet wird. Ein derartiger Unterdruck würde ein Aufsteigen der Betriebsflüssigkeit in sensible Bereiche bewirken und zu nachhaltigen Schäden, zumindest aber zu einem zeitweisen Ausfall des Zählers führen.

[0016] Die Aufgabe der Erfindung wird auch mit einem eingangs erwähnten Verfahren zum Betreiben eines Kondensationspartikelzähler gelöst, wobei der Kondensationspartikelzähler einen Sättigungsabschnitt aufweist, dem zumindest ein Einlass für einen mit Partikeln beladenen Strom eines Aerosols zugeordnet ist, wobei dem Sättigungsabschnitt stromab ein Kondensationsabschnitt, ein Messabschnitt für Kondensationspartikel sowie ein Auslassabschnitt nachgeordnet sind und im Auslassabschnitt eine kritische Düse liegt, von welcher eine Auslassleitung zu einer Pumpe zum Absaugen des Aerosols führt, in der zumindest eine Ventilvorrichtung vorgesehen ist, wobei gemäß erfinderischer Lösung stromaufwärts eines Eingangs der kritischen Düse ein Messwert für Druck ermittelt wird und die Ventilvorrichtung in Abhängigkeit dieses Messwerts die Auslassleitung ganz oder teilweise verschließt. Grundsätzlich kann dabei

die Ermittlung des Messwerts für den Druck bzw. des Druckwerts auf beliebige Art erfolgen, entweder durch direkte Messung oder Heranziehung anderer Größen, aus denen sich auf den Druck rückschließen lässt.

[0017] Günstigerweise ermittelt zumindest eine stromaufwärts eines Eingangs der kritischen Düse angeordnete Druckmesseinrichtung den Messwert für Druck bzw. Druckwert.

[0018] In einer Variante der Erfindung verschließt die Ventilvorrichtung die Auslassleitung ganz oder teilweise, wenn der Messwert einen vorgegebenen Druckgrenzwert unterschreitet.

[0019] In einer weiteren Variante der Erfindung wird als Messwert für Druck bzw. Druckmesswert der Absolutdruck innerhalb des Kondensationspartikelzählers oder ein Differenzdruck zur Umgebung des Kondensationspartikelzählers ermittelt.

[0020] Die Erfindung samt weiteren Vorteilen ist im Folgenden anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels näher erläutert, das in den Zeichnungen veranschaulicht ist. In diesen zeigen

[0021] Fig. 1 einen schematischen vereinfachten Schnitt durch einen gemäß der Erfindung ausgebildeten Kondensationspartikelzähler,

[0022] Fig. 2 in schaubildlicher Darstellung eine Variante eines Sättigungskörpers,

[0023] Fig. 3 einen Schnitt durch eine weitere Variante eines Sättigungskörpers,

[0024] Fig. 4 einen Schnitt nach der Ebene VI-VI der Fig. 1,

[0025] Fig. 5 einen Schnitt nach der Ebene VIII-VIII der Fig. 1,

[0026] Fig. 6 einen Schnitt nach der Ebene VII-VII der Fig. 1, und

[0027] Fig. 7 eine Schnittdarstellung eines Überführabschnitts für den Übergang von einem Ringspalt auf Einzelkanäle

[0028] Unter Bezugnahme auf Fig. 1 wird an Hand einer vereinfachten schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel eines nach der Erfindung ausgebildeten Kondensationspartikelzählers 1 beschrieben. Ein partikelbeladenes Aerosol, das beispielsweise aus den Abgasen eines Verbrennungsmotors stammt, gelangt über einen Einlass 2, nämlich eine Leitung, in einen Einlassabschnitt E des Zählers 1, aus dem es, hier an seinem oberen Ende, mittels einer Pumpe 3 über einen Auslass 4, nämlich eine Leitung, aus einem Auslassabschnitt A abgesaugt wird. Zwischen dem Einlassabschnitt E und dem Auslassabschnitt A liegen ein Sättigungsabschnitt S, gegebenenfalls ein Überführabschnitt U, ein Isolierabschnitt I - Überführabschnitt U und Isolierabschnitt I können auch in ein Bauteil kombiniert sein -, ein Kondensationsabschnitt K und ein Messabschnitt M. Alle diese Abschnitte mit möglichen Varianten sowie deren Funktion werden nachstehend detailliert beschrieben.

[0029] Dem Einlassabschnitt E kommt die Funktion zu, ein gewünschtes Strömungsverhalten, im Allgemeinen ein laminares, in dem in Strömungsrichtung 110 des Aerosols stromabwärts folgenden Sättigungsabschnitt S sowie dem nachfolgenden Kondensationsabschnitt K sicher zu stellen. Die nähere Ausbildung des hier nur schematisch skizzierten Einlassabschnittes E ist jedoch nicht Gegenstand der Erfindung.

[0030] Wie auch aus Fig. 2 ersichtlich, ist in dem Sättigungsabschnitt S z.B. ein zweiteiliger Sättigungskörper 10 angeordnet, gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein Hohlzylinder 5 mit einem zu diesem bezüglich einer Längsachse 100 des Sättigungskörpers 10 konzentrisch angeordneten Innenzylinder 6, wobei letzterer hier gleichfalls als Hohlzylinder mit einer Innenbohrung 7 ausgebildet ist. Letztere kann beispielsweise einen mechanisch stabilisierenden und/oder wärmeleitenden Dorn 8 (siehe Fig. 2) zur Temperatureinstellung aufnehmen. Zwischen beiden Zylindern 5 und 6 ist ein Spalt 9 mit ringförmigem Querschnitt für den Durchfluss des partikelbeladenen Aerosols in Strömungsrichtung 110, die in Fig. 1 durch Pfeile angedeutet ist, belassen.

[0031] Als Material wird für die beiden Zylinder 5, 6, welche hier einen zweiteiligen Sättigungs-

körper 10 bilden, ein saugfähiges, poröses Material, beispielsweise ein gesinterter Kunststoff, ein Dochtmaterial od. dgl. verwendet; bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist jedoch zumindest ein Abschnitt 5n (siehe Fig. 2), hier ein Sektor des Hohlzylinders 5, aus nicht porösem Material, wie z.B. aus Aluminium oder aus einem Kunststoff gefertigt, wobei der restliche Abschnitt 5p aus porösem Material besteht. Falls das poröse Material nicht selbsttragend ist, können nicht gezeigte, z.B. netzartige Haltestrukturen verwendet werden. Der in Fig. 2 gezeigte Abschnitt 5n weist eine Teilquerschnittsfläche 51 sowie eine Materialstärke mit einer radialen Teillänge 131 auf. Der Abschnitt 5p weist eine Teilquerschnittsfläche 52 sowie ebenfalls eine Materialstärke mit einer radialen Teillänge 131 auf. Der Innenzylinder 6 weist eine Materialstärke mit einer radialen Teillänge 132 auf.

[0032] Ein in einem Behälter 11 gespeichertes Betriebsmittel 12, beispielsweise Wasser, ein Alkan oder ein Alkohol oder ein anderes geeignetes Medium, wird über eine Leitungsanordnung 13 zu dem Sättigungskörper 10 geführt, wobei innerhalb des Partikelzählers 1 kondensiertes Betriebsmittel beispielsweise über eine Leitung 14, eine Betriebsmittelpumpe 15 und ein Filter 16 wieder in den Behälter 11 rückgeführt oder einfach abgeführt (nicht gezeigt) werden kann. Allenfalls zur Dosierung bzw. zur Durchflusssteuerung des Betriebsmittels 12 erforderliche Dosiereinrichtungen oder Ventile in den Leitungen 13, 14 sind der besseren Übersicht wegen nicht eingezeichnet.

[0033] Nur angedeutet, da dem Fachmann bekannt, sind eine Heizeinheit 17 für den Sättigungsabschnitt S, beispielsweise ein Heizmantel, und eine Temperier/Kühleinheit 18 für den Kondensationsabschnitt K.

[0034] Es ist des Weiteren bekannt, dass es bei Kondensationspartikelzählern mit externen Betriebsmittelbehältern aufgrund von Druckschwankungen zwischen dem Druck im Aerosol-Einlass bzw. in der Abgaszuleitung zum Kondensationspartikelzähler und dem Innendruck im Betriebsmittelbehälter zu Problemen bei der Betriebsmittelzufuhr kommen kann. Solche Druckschwankungen können beispielsweise dann auftreten, wenn der Aerosoleinlass verstopft ist. Dadurch kann es zu unerwünschten Störungen des Messbetriebs wie beispielsweise zu einem Fluten des Strömungswegs des Aerosols bis hin zum Fluten des Messabschnitts M mit Betriebsmittel kommen. Ebenso kann es aufgrund von Störungen in der Betriebsmittelzufuhr zu einem unerwünschten Austrocknen des Sättigungskörpers kommen.

[0035] Um die vorgenannten Betriebsstörungen verhindern zu können und einen ständigen Druckausgleich zwischen dem Aerosol-Einlass 2 und dem Betriebsmittelbehälter 11 zu gewährleisten, ist in der in Fig. 1 veranschaulichten Ausführung des Kondensationspartikelzählers 1 eine Druckausgleichleitung 150 zwischen dem rohrförmigen Einlass 2 und dem Behälter 11 skizziert. Vorteilhaft dient die Druckausgleichleitung 150 dazu, Druckunterschiede zwischen dem Aerosoleinlass 2 und dem Betriebsmittelbehälter 11 auszugleichen. Alternativ oder in Ergänzung dazu ist in Fig. 1 eine weitere Druckausgleichleitung 151 strichliert eingezeichnet, die vom Behälter 11 direkt in den Sättigungskörper 10 reicht und zum Druckausgleich zwischen dem Betriebsmittelbehälter 11 und dem Sättigungsabschnitt S dient. Ebenso können eine oder mehrere weitere Druckausgleichleitungen, die hier nicht eingezeichnet sind, erforderlichenfalls zwischen dem Behälter 11 und dem Kondensationsabschnitt K angeordnet sein.

[0036] Das im auf eine vorgegebene Temperatur aufgeheizten Sättigungsabschnitt S vorhandene übersättigte Aerosol durchströmt den auf eine gleichfalls vorgegebene Temperatur abgekühlten Kondensationsabschnitt K, wo das Betriebsmittel auf die im Aerosol vorhandenen Partikel aufkondensiert und somit zu der erwünschten Partikelvergrößerung führt. Die Zähleffizienz, d.h. die Anzahl der erfassten Partikel einer bestimmten Größe ist bei sehr kleinen Partikeln gering, steigt dann beispielsweise im Bereich einer Partikelgröße von 15 bis 35 nm sehr rasch an, wobei sie z.B. bei 23 nm 50% beträgt, und liegt bei größeren Partikel, typisch ab 40 nm, bei Werten von über 90%. Zu beachten ist auch, dass die Temperaturdifferenz zwischen Sättigungsabschnitt und Kondensationsabschnitt die Partikelgröße bzw. das Aufwachsen beeinflusst, wobei umso kleinere Partikel erfasst werden, je größer diese Temperaturdifferenz ist.

[0037] Fig. 3 zeigt, dass ein sektorförmiger Abschnitt 6n des Innenzylinders 6 mit einer Teil-

querschnittsfläche 61 aus nicht-porösem Material bestehen kann, wobei der Rest des Innenzylinders ein Abschnitt 6p aus porösem Material mit einer Teilquerschnittsfläche 62 ist. An dieser Stelle sei angemerkt, dass der Innenzylinder 6, der sich hier in radialer Richtung 130 mit einer Teillänge 132 erstreckt, nicht notwendigerweise eine Innenbohrung 7 besitzen muss, sondern auch als voller Zylinder ausgebildet sein kann.

[0038] Wieder auf Fig. 1 zurückkommend und unter Beiziehung der Fig. 4, 5 und 6 sowie der Fig. 7 erkennt man die Ausbildung des Überführabschnittes U, welchem die Aufgabe zukommt, die Strömung aus dem ringförmigen Spalt 9 möglichst laminar in eine Anzahl von stromab gelegenen Einzelkanälen überzuführen. Dazu ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ein Ringeinsatz 21 vorgesehen, der an seiner Unterseite, die in Einbaulage die Einlassseite 200 des Überführabschnittes U bzw. des Ringeinsatzes 21 bildet, in Fortsetzung des Ringspaltes 9 eine Öffnung 22 wiederum in Form eines Ringspaltes aufweist, wobei von der Oberseite des Ringeinsatzes, der beispielsweise aus Aluminium besteht, eine Anzahl von Einzelkanälen 23, hier neun Einzelkanäle 23 (in Fig. 7 sind davon fünf zu sehen), in die Ringspalt-förmige Öffnung 22 münden. Die hier in Fig. 7 gezeigte Oberseite des Ringeinsatzes 21 bildet in Einbaulage die Auslassseite 210 des Überführabschnittes U. Der Überführabschnitt U bzw. sein Ringeinsatz 21 stehen bei einer bevorzugten Ausführungsform in zweckmäßiger Weise mit dem Sättigungsabschnitt S in thermisch leitender Verbindung, um eine unerwünschte vorzeitige Kondensation in diesem Bereich zu verhindern.

[0039] Wesentlich ist dabei ein Übergang von der ringspaltförmigen Öffnung 22 in die Einzelkanäle 23 der so stetig wie möglich erfolgt, um die Strömung des Aerosols ohne Verwirbelungen laminar weiter in Einzelkanäle 24i des Isolierabschnittes I bzw. deren Fortsetzung, nämlich Einzelkanäle 24_K des Kondensationsabschnittes K, zu führen. In diesem Abschnitt sind die Einzelkanäle 24_K in einem Kondensationseinsatz 25 ausgebildet, in dessen oberen Bereich sie wieder zu einem Einzelkanal 26 zusammengeführt sind, welcher dann in eine Vereinzeldüse 27 mündet, die vor oder in dem Messabschnitt M gelegen ist. Aus den Schnitten der Fig. 4, 5 und 6 erkennt man, dass der Ringspalt 9 des Sättigungsabschnittes S (Fig. 4) weiter oben im Isolierabschnitt I (Fig. 6) in Einzelkanäle 23 übergegangen ist. Noch weiter oben, im Bereich des Kondensationsabschnittes K, liegen diese Einzelkanäle bereits enger beisammen (Fig. 5), um dann in den einzigen Einzelkanal 26 kurz vor der Düse 27 überzugehen.

[0040] Der bei diesem Ausführungsbeispiel vorgesehene, jedoch nicht unbedingt erforderliche Isolierabschnitt I mit den Einzelkanälen 24i sorgt für eine thermische Trennung des Sättigungsabschnittes S von dem Kondensationsabschnitt K.

[0041] In dem Messabschnitt M erfolgt die eigentliche Zählung der durch Kondensation vergrößerten Partikel, die mit dem Aerosolstrom aus der Vereinzeldüse 27 austreten. In bekannter Weise ist hierzu eine Lichteinheit 28 vorgesehen, z.B. eine fokussierte Laserlichtquelle, deren Lichtstrahl auf aus der Düse 27 austretende Partikel trifft. Das entstehende Streulicht wird von einem Photodetektor 29 erfasst und die entstehenden Signale werden an eine nicht dargestellte Auswerteeinheit weitergeleitet. Auch andere Messmethoden können hier zur Anwendung kommen.

[0042] Das Aerosol mit den Partikeln gelangt nach dem Messabschnitt in den Auslassabschnitt A, der gemäß der Erfindung eine besondere Gestaltung aufweist, welche ein Verstopfen einer am Auslass des Zählers 1 angeordneten kritischen Düse 30 verhindern soll. Diese kritische Düse 30 dient in bekannter Weise der Einstellung eines konstanten Volumenstroms und weist einen geringen Durchmesser, typischerweise 0,3 mm, auf, wobei die Gefahr besteht, dass im Laufe des Betriebs die ausströmenden Partikel diese kleine Öffnung verlegen und somit die Messgenauigkeit beeinträchtigen oder die Messung unmöglich machen.

[0043] Um diesem Nachteil zu begegnen, endet im Auslassabschnitt A eine Austrittsleitung 31 aus dem Messabschnitt M in einem verengten Bereich 32, der mit einer scharfen Verwirbelungskante 33 in eine Partikel-Fangkammer 34 mündet. Der verengte Bereich 32 und zusätzlich die Verwirbelungskante 33 führen zu einer Verwirbelung des Aerosolstroms, welche eine Ablagerung von Partikeln vor allem im unteren Randbereich 35 der Partikel-Fangkammer begünstigt.

tigt, wo (Fig. 1) abgelagerte Partikel angedeutet sind.

[0044] Um weiter oben beschriebene unerwünschte Störungen des Messbetriebs wie beispielsweise das Fluten des Strömungswegs des Aerosols bis hin zum Fluten des Messabschnitts M mit Betriebsmittel wirkungsvoll zu verhindern, was bei Druckschwankungen aufgrund z.B. Verstopfens des Aerosoleinlasses 2 auftreten kann, ist folgende Lösung vorgesehen: Zwischen der kritischen Düse 30 - streng genommen zwischen dem vom Messabschnitt M abgewandten Ausgang der Düse 30 - und der Pumpe 3 ist zumindest eine einstellbare Ventilvorrichtung 70 vorgesehen. Die Ventilvorrichtung 70 kann in Abhängigkeit von einem Vorgabewert so verstellt werden, dass die Auslassleitung im Bereich zwischen kritischer Düse 30 und Pumpe 3 teilweise oder ganz verschlossen wird.

[0045] Als Vorgabewert dient dabei der Messwert einer Druckmesseinrichtung 71, 72, die stromaufwärts eines Eingangs der kritischen Düse 30 - hier also einem dem Messabschnitt M zugewandten Eingang der Düse 30 - angeordnet ist.

[0046] Die Druckmesseinrichtung 71, 72 ermittelt einen Druckmesswert, der mit einem vorgegebenen Druckgrenzwert verglichen wird. Im hier diskutierten Ausführungsbeispiel wird die Auslassleitung 4 ganz oder teilweise verschlossen, wenn der Druckmesswert den Druckgrenzwert unterschreitet. Die Verarbeitung der Messergebnisse und Ausgabe der Stellgröße an die Ventilvorrichtung 70 erfolgt dabei durch eine nicht dargestellte Steuereinheit, bei der es sich beispielsweise um die Steuereinheit des Kondensationspartikelzählers 1 handeln kann.

[0047] Damit wird die Pumpwirkung reduziert oder weggeschaltet, wenn es im Kondensationspartikelzähler 1 zu einem Unterdruck kommt, der ein Fluten des Zählers und Beschädigen sensibler Teile bewirken könnte.

[0048] Bei der Druckmesseinrichtung 71, 72 kann es sich um eine erste Druckmesseinrichtung 71 handeln, die zwischen dem Einlass 2 für das Aerosol in den Kondensationspartikelzähler 1 und dem oben geschilderten Eingang der kritischen Düse 30 angeordnet ist. Dazu kann ein beliebiger Drucksensor verwendet werden, der einen Absolutdruck messen kann, bzw. aus dessen Messung ein Absolutdruckwert ermittelt werden kann. Die erste Druckmesseinrichtung 71 misst also den Absolutdruck im Gasweg innerhalb des Kondensationspartikelzählers 1.

[0049] In einer Variante der Erfindung kann stattdessen oder zusätzlich eine zweite Druckmesseinrichtung 72 vorgesehen sein, die im Einlass 2 oder stromaufwärts des Einlasses 2 angeordnet und als Differenzdrucksensor ausgeführt ist. Dabei wird die Druckdifferenz zwischen dem Einlass 2 und einem Umgebungsdruck des Kondensationspartikelzählers 1 ermittelt und als Druckmesswert herangezogen.

[0050] Die erste 71 und zweite Druckmesseinrichtung 72 können alleine oder auch in Kombination miteinander vorgesehen sein. Auch das Vorsehen weiterer Druckmesseinrichtungen im genannten Bereich ist möglich. Es ist auch möglich, dass die zweite Druckmesseinrichtung 72 als Differenzdrucksensor ähnlich der ersten Druckmesseinrichtung 71 im Gasweg innerhalb des Kondensationspartikelzählers 1 angeordnet ist.

[0051] Die Erfindung erlaubt damit ein Verfahren zum Betreiben eines Kondensationspartikelzählers 1, bei dem stromaufwärts der kritischen Düse 30 ein Messwert für Druck bzw. Druckwert ermittelt und eine Ventilvorrichtung 70 in Abhängigkeit von diesem Messwert die Auslassleitung 4 ganz oder teilweise verschließt - vorzugsweise dann, wenn der Messwert einen vorgegebenen Druckgrenzwert unterschreitet. Grundsätzlich kann der Druckwert dabei beliebig ermittelt werden - direkt oder aus anderen, bereitstehenden Werten. Vorzugsweise ist dazu zumindest eine Druckmesseinrichtung 71, 72 vorgesehen. Als Messwert für Druck bzw. Druckwert kann der Absolutdruck innerhalb des Kondensationspartikelzählers 1 ebenso herangezogen werden wie ein Differenzdruck zur Umgebung des Kondensationspartikelzählers.

[0052] Dabei kann z.B. in einem ersten Unterschreibungsbereich, der nahe dem Druckgrenzwert liegt, eine Querschnittsverringerung der Auslassleitung 4 durch die Ventilvorrichtung 70 erfolgen und erst bei weiterem Unterschreiten des Druckgrenzwerts ein vollständiges Absperren der

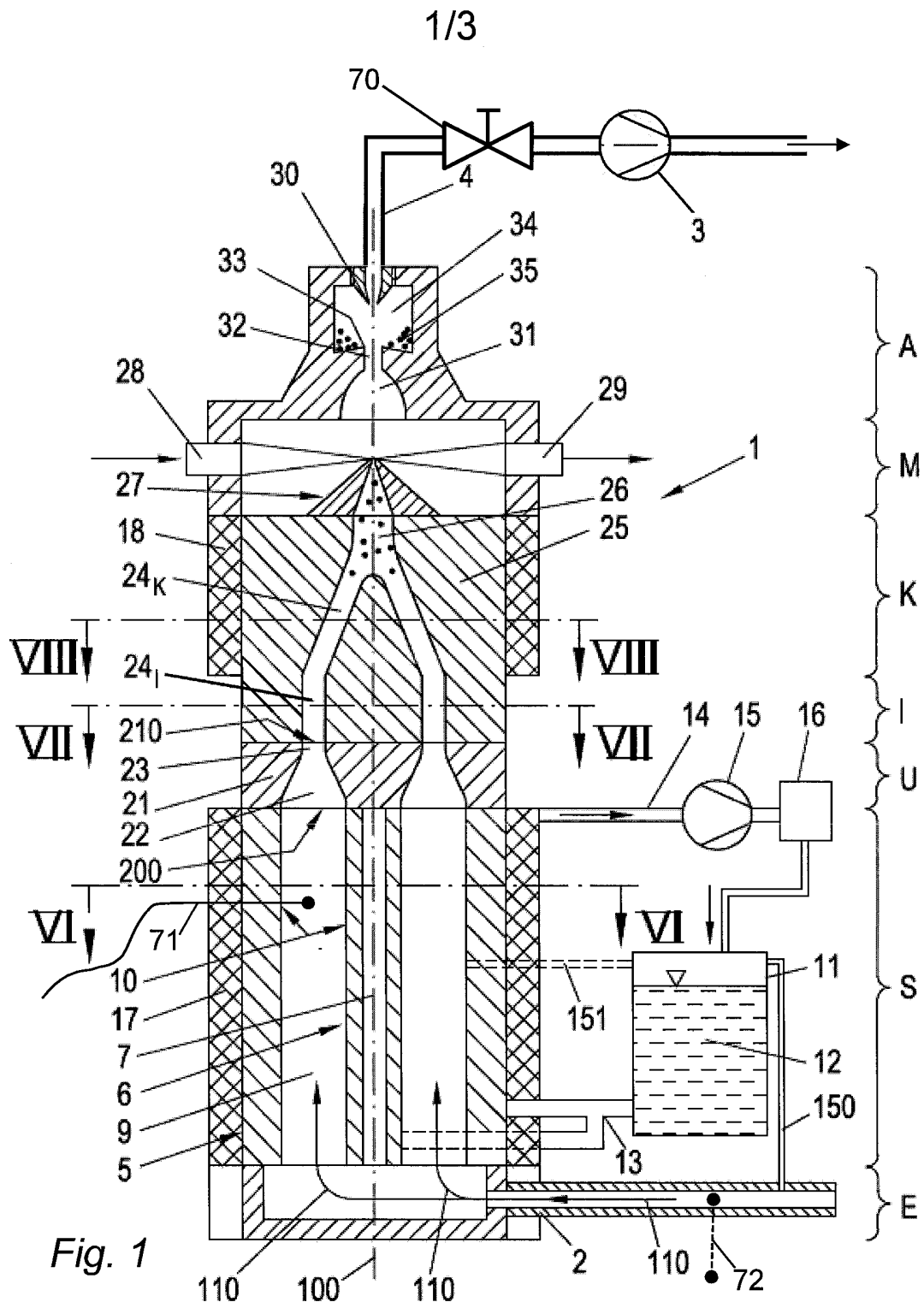
Auslassleitung 4 erfolgen. Es ist aber auch möglich, dass sofort bei Unterschreiten des Druckgrenzwerts die Auslassleitung 4 komplett abgesperrt wird.

[0053] Durch die Erfindung wird ein Beschädigen des Kondensationspartikelzählers 1 verhindert, wenn es z.B. durch Verlegen oder Verstopfen der Aerosolzuleitung bzw. innerhalb des Zählers zu einem Unterdruck kommt, der ein Fluten mit Betriebsmittel bewirken würde.

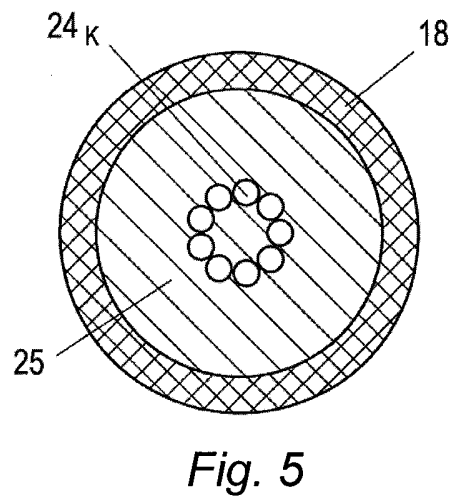
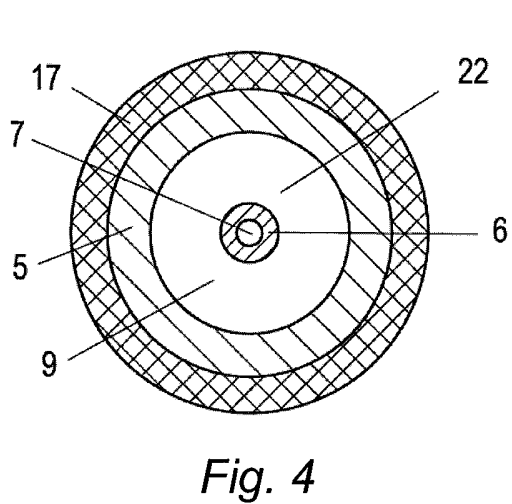
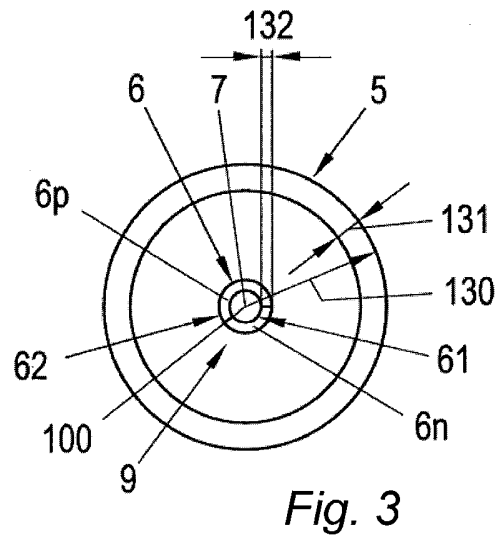
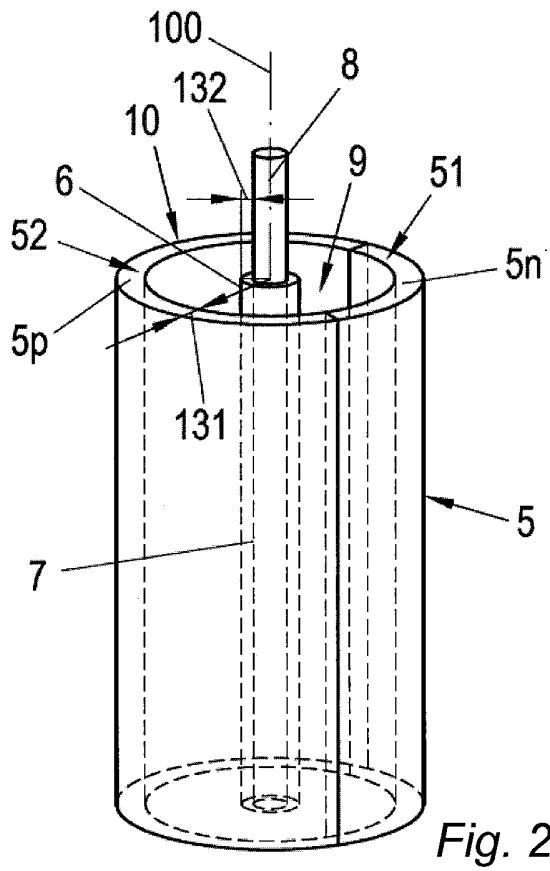
Patentansprüche

1. Kondensationspartikelzähler (1) mit einem Sättigungsabschnitt (S), dem zumindest ein Einlass (2) für einen mit Partikeln beladenen Strom eines Aerosols zugeordnet ist, wobei dem Sättigungsabschnitt (S) stromab (110) ein Kondensationsabschnitt (K), ein Messabschnitt (M) für Kondensationspartikel sowie ein Auslassabschnitt (A) nachgeordnet sind und im Auslassabschnitt eine kritische Düse (30) liegt, von welcher eine Auslassleitung (4) zu einer Pumpe (3) zum Absaugen des Aerosols führt,
dadurch gekennzeichnet, dass
in der Auslassleitung (4) zwischen der kritischen Düse (30) und der Pumpe (3) zumindest eine Ventilvorrichtung (70) vorgesehen ist und stromaufwärts eines Eingangs der kritischen Düse (30) zumindest eine Druckmesseinrichtung (71, 72) angeordnet ist, wobei die Auslassleitung (4) in Abhängigkeit eines Messwerts der Druckmesseinrichtung (71, 72) mittels der Ventilvorrichtung (70) ganz oder teilweise schließbar ist.
2. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine erste Druckmesseinrichtung (71) zwischen dem Einlass (2) für das Aerosol in den Kondensationspartikelzähler (1) und einem dem Messabschnitt (M) zugewandten Eingang der kritischen Düse (30) angeordnet ist.
3. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine zweite Druckmesseinrichtung (72) als Differenzdrucksensor ausgeführt und vorzugsweise im Einlass (2) oder stromaufwärts des Einlasses (2) angeordnet ist.
4. Kondensationspartikelzähler (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der zweiten Druckmesseinrichtung (72) die Druckdifferenz zwischen dem Einlass (2) in den Kondensationspartikelzähler (1) und einem Umgebungsdruck des Kondensationspartikelzählers (1) messbar ist.
5. Kondensationspartikelzähler (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auslassleitung (4) durch die Ventilvorrichtung (70) ganz oder teilweise schließbar ist, wenn der Messwert der Druckmesseinrichtung (71, 72) einen vorgegebenen Druckgrenzwert unterschreitet.
6. Verfahren zum Betreiben eines Kondensationspartikelzähler (1) mit einem Sättigungsabschnitt (S), dem zumindest ein Einlass (2) für einen mit Partikeln beladenen Strom eines Aerosols zugeordnet ist, wobei dem Sättigungsabschnitt (S) stromab (110) ein Kondensationsabschnitt (K), ein Messabschnitt (M) für Kondensationspartikel sowie ein Auslassabschnitt (A) nachgeordnet sind und im Auslassabschnitt eine kritische Düse (30) liegt, von welcher eine Auslassleitung (4) zu einer Pumpe (3) zum Absaugen des Aerosols führt, in der zumindest eine Ventilvorrichtung (70) vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts eines Eingangs der kritischen Düse (30) ein Messwert für Druck ermittelt wird und die Ventilvorrichtung (70) in Abhängigkeit dieses Messwerts die Auslassleitung (4) ganz oder teilweise verschließt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine stromaufwärts eines Eingangs der kritischen Düse (30) angeordnete Druckmesseinrichtung (71, 72) den Messwert für Druck ermittelt.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilvorrichtung (70) die Auslassleitung (4) ganz oder teilweise verschließt, wenn der Messwert einen vorgegebenen Druckgrenzwert unterschreitet.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Messwert für Druck der Absolutdruck innerhalb des Kondensationspartikelzählers (1) oder ein Differenzdruck zur Umgebung des Kondensationspartikelzählers (1) ermittelt wird.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen



2/3



3/3

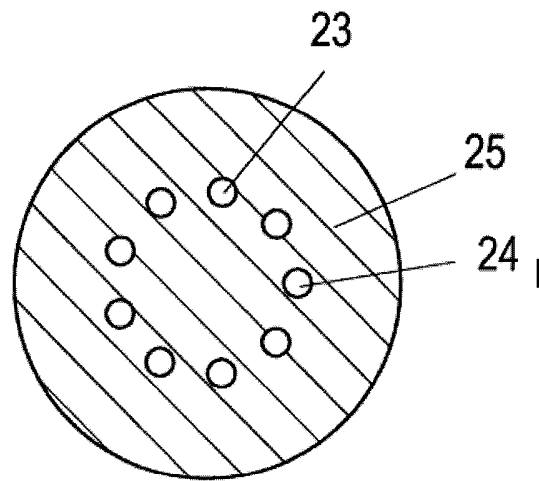


Fig. 6

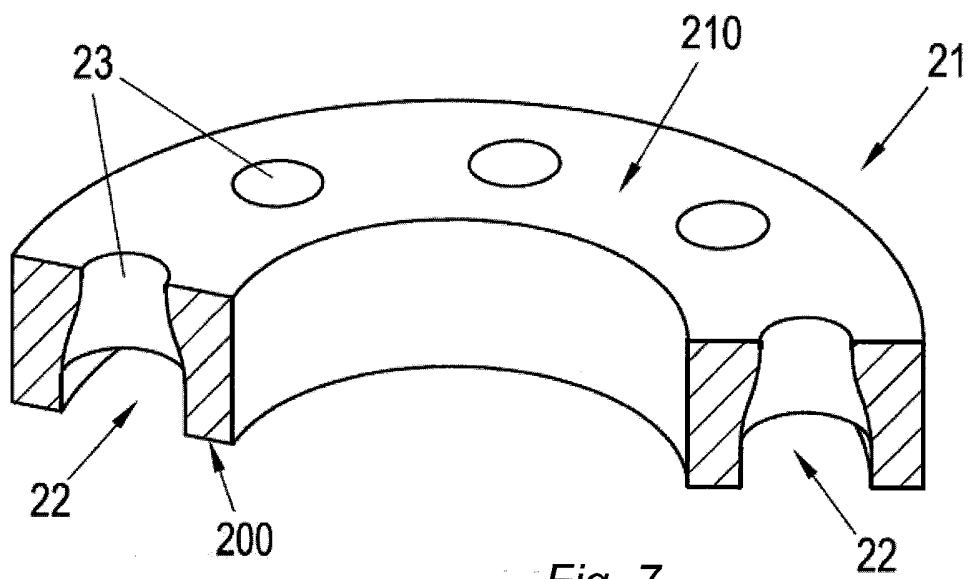


Fig. 7