



(11) **EP 4 681 822 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.01.2026 Patentblatt 2026/04

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B05B 7/10 (2006.01) B05B 7/06 (2006.01)
B05B 1/34 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **25189960.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B05B 1/34; B05B 7/066; B05B 7/10

(22) Anmeldetag: **16.07.2025**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH LA MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Jakobs, Tobias**
76646 Bruchsal (DE)
• **Wachter, Simon**
76131 Karlsruhe (DE)

(74) Vertreter: **Altmann Stössel Dick Patentanwälte**
PartG mbB
Theodor-Heuss-Anlage 2
68165 Mannheim (DE)

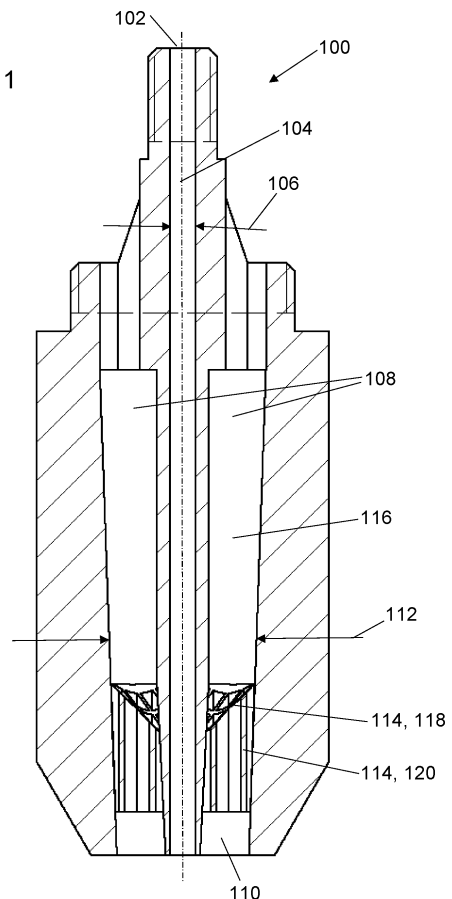
(30) Priorität: **16.07.2024 DE 102024206687**

(71) Anmelder: **Karlsruher Institut für Technologie,**
Körperschaft
des öffentlichen Rechts
76131 Karlsruhe (DE)

(54) **MEHRSTOFFDÜSE ZUR ZERSTÄUBUNG VON MINDESTENS EINEM FLUID UND IHRE VERWENDUNG**

(57) Es wird eine Mehrstoffdüse (100), insbesondere Zweistoffdüse, zur Zerstäubung von mindestens einem Fluid vorgeschlagen. Die Mehrstoffdüse (100) umfasst mindestens ein Fluidkanal (102) zur Führung des mindestens einen Fluides, mindestens ein Gaskanal (108) zur Führung mindestens eines Gases, mindestens ein in dem mindestens einen Gaskanal (108), insbesondere in einem Strömungsquerschnitt (116) des Gaskanals (108), angeordneter Turbulenzgenerator (114), wobei der Turbulenzgenerator (114) mindestens ein statisches Mischelement (118) aufweist, um durch Durchströmen oder Überströmen des Turbulenzgenerators (114) eine Strömung des Gases in eine turbulente Strömung zu überführen, mindestens eine Düsenaustrittsöffnung (140) zum Austreten zumindest des turbulent strömenden Gases oder eines Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid, aus der Mehrstoffdüse (100).

Fig. 1



EP 4 681 822 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Mehrstoffdüse, wie beispielsweise eine Zweistoffdüse, zur Zerstäubung von mindestens einem Fluid.

Technischer Hintergrund

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Zweistoffdüsen bekannt. Gasgestützte Düsen zur Flüssigkeitszerstäubung kommen bei vielen industriellen Prozessen zum Einsatz. Es finden sich u.a. Anwendungen bei der Sprühtrocknung, der Gasreinigung, Syntheseverfahren und Verbrennungsprozessen. Ziel der Zerstäubung ist es in fast allen Fällen, eine möglichst große freie Oberfläche zu erzeugen, um nachfolgende Wärme- und Stoffübergangsprozesse zu beschleunigen. Trotz der Vielzahl an Einsatzgebieten und des prinzipiell einfachen geometrischen Aufbaus - zentraler Flüssigkeitsstrahl mit umgebendem Gasringspalt oder aber zentrale Gasströmung mit umliegendem Flüssigkeitsaustritt über Ringspalt, teils auch mit weiterem den Flüssigkeitsringpalt umschließenden Gasringspalt, - sind die bei der Zerstäubung ablaufenden Phänomene und physikalischen Zusammenhänge bisher noch nicht vollständig beschrieben.

[0003] Der Einfluss der Düsengeometrie auf die resultierende Spraygüte ist in der Literatur bisher jedoch nicht ausreichend untersucht worden, um daraus allgemeingültige Skalierungsvorschriften ableiten zu können.

[0004] Neben der Düsengeometrie und den durchgesetzten Massenströmen spielt bei der gasgestützten Zerstäubung auch die Turbulenz eine wichtige Rolle. Bei den in der Literatur beschriebenen experimentellen Studien zur gasgestützten Zerstäubung wird der Fokus jedoch klassisch auf die Betriebsbedingungen der Düse, und der sich daraus ergebenden dimensionslosen Kennzahlen gelegt.

[0005] Bei gasgestützten Düsen strömt die zu zerstäubende Flüssigkeit z.B. über ein zentrales Rohr mit dem Durchmesser D_{liq} in der Regel mit niedriger Geschwindigkeit aus der Düse aus. Die für den Primärzerfall der Flüssigkeit und den nachfolgenden Sekundärzerfall der Flüssigkeitsfragmente benötigte Energie wird über eine schnell strömende Gasphase bereitgestellt. Diese tritt beispielsweise über einen Ringspalt der Breite s_{gas} aus. Typische Betriebsbedingungen hinsichtlich der gas- und flüssigseitigen Ausströmgeschwindigkeit sind gasseitig $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < v_{gas} < 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ und flüssigseitig $0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < v_{liq} < 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

[0006] Zur Einteilung von Flüssigkeitszerfall und Spraygüte wird dabei meist die aerodynamische Weber-Zahl (We_{aero}), die Gas-to-Liquid Ratio (GLR), die Ohnesorge-Zahl (Oh), die Reynoldszahl (Re) und in einzelnen Fällen auch das Impulsstromverhältnis (J) genutzt. Diese sind mittels der folgenden Gleichungen er-

mittelbar:

$$We_{aero} = \frac{\rho_{gas} \cdot v_{rel}^2 \cdot l_{char}}{\sigma} \quad (1)$$

$$GLR = \frac{\dot{M}_{gas}}{\dot{M}_{liq}} \quad (2)$$

$$Oh = \frac{\eta_{liq}}{\sqrt{\rho_{liq} \cdot l_{char} \cdot \sigma}} \quad (3)$$

$$Re_i = \frac{\rho_i \cdot v_i \cdot d_i}{\eta_i} \quad (4)$$

$$J = \frac{\rho_{gas} \cdot A_{gas} \cdot v_{gas}^2}{\rho_{liq} \cdot A_{liq} \cdot v_{liq}^2} \quad (5)$$

[0007] Diese 5 Kennzahlen beinhalten die in der Literatur als für den Zerstäubungsvorgang relevant beschriebenen Stoffgrößen und Betriebsparameter.

[0008] Re_{liq} und We_{aero} werden oft genutzt, um die beim Primärzerfall auftretenden Regime des Primärzerfalls zu beschreiben. Dabei wird eine Abnahme der Länge des Primärligaments L_b mit steigender Gasgeschwindigkeit beschrieben. Als Kriterium zur Bewertung der Spraygüte wird in den meisten Fällen der Sauterdurchmesser (D_{32}) genutzt, gemäß Gleichung:

$$D_{32} = \frac{\sum_{i=0}^k n_i \cdot d_i^3}{\sum_{i=0}^k n_i \cdot d_i^2} \quad (6)$$

[0009] In der Literatur wird sowohl der lokale Sauterdurchmesser ($D_{32, \text{lokal}}$), als auch der integrale Sauterdurchmesser (ID_{32}) genutzt um die im Spray vorherrschende Tropfengröße anzugeben. Der $D_{32, \text{lokal}}$ beschreibt dabei die Tropfengröße an einem Punkt im Spray, wohingegen der ID_{32} die Tropfengröße entlang einer Horizontalen im Spray repräsentiert.

[0010] Häufig werden in der Literatur Korrelationen zur Berechnung des D_{32} unter Nutzung von We , GLR , Oh , Re und J_{gas} oder aber unter Verwendung der Stoffdaten und Düsenparameter angegeben. Als charakteristisches Längenmaß l_{char} , dient dabei meist der Primärstrahldurchmesser (D_{liq}) des Flüssigkeitsstrahls oder die Flüssigkeitsspaltweite s_{liq} bei Austritt der Flüssigkeit über ein Sheet.

[0011] In der Literatur wird von einer Abnahme der bei der Zerstäubung resultierenden Tropfengröße mit zunehmender We , GLR , J und v_{gas} berichtet. Bekannt ist auch, dass eine Erhöhung der Gasgeschwindigkeit zu einer Abnahme der resultierenden Tropfengröße führt.

[0012] Neben der rein parallelen Ausströmung der Gasphase mit hoher Geschwindigkeit, werden in der Literatur auch Düsen beschrieben, welche mit Hilfe eines

Einbaus oder einer Modifikation der Düsenspitze die Gasphase und/oder Flüssigphase mit einem Drall beaufschlagen. Hierbei entsteht ein tendenziell breiteres Spray mit geringerer Axialgeschwindigkeit der Tropfen.

[0013] Trotz der zahlreichen Vorteile der aus dem Stand der Technik bekannten Mehrstoffdüsen beinhalten diese noch Verbesserungspotential. Bei herkömmlichen Mehrstoffdüsen

ist für die Verringerung der Tropfengröße eine Erhöhung des Impulsstroms des Zerstäubungsmediums erforderlich. Dies kann entweder über eine Erhöhung der Austrittsgeschwindigkeit bedingt durch eine Anhebung des Massenstroms - bei konstanter Düsengeometrie - oder aber eine Erhöhung der Austrittsgeschwindigkeit durch geometrische Anpassung der Düse bei konstantem Massenstrom erfolgen. Beide Varianten führen zu einer Veränderung des Strömungsfeldes, bzw. der Betriebsbedingungen der Düse, und sind somit nicht für alle Prozesse anwendbar. Ebenso entstehen durch die Anhebung des Zerstäubungsgasmassenstroms höhere Betriebskosten für die Düse.

Aufgabe der Erfindung

[0014] Es wäre daher wünschenswert, eine Mehrstoffdüse, wie beispielsweise eine Zweistoffdüse, zur Zerstäubung von mindestens einem Fluid bereitzustellen, welche die Nachteile bekannter Vorrichtungen und Verfahren zumindest weitgehend vermeidet. Insbesondere soll eine Verbesserung der Zerstäubungseffizienz (kleinere Tropfengrößen) durch eine Erhöhung der Turbulenz des Zerstäubungsmediums mittels der Mehrstoffdüse realisierbar sein.

Allgemeine Beschreibung der Erfindung

[0015] Diese Aufgabe wird adressiert durch eine Mehrstoffdüse zur Zerstäubung von mindestens einem Fluid und eine Verwendung einer solchen Mehrstoffdüse mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen, welche einzeln oder in beliebiger Kombination realisierbar sind, sind in den abhängigen Ansprüchen dargestellt.

[0016] Im Folgenden werden die Begriffe "haben", "aufweisen", "umfassen" oder "einschließen" oder beliebige grammatikalische Abweichungen davon in nicht-ausschließlicher Weise verwendet. Dementsprechend können sich diese Begriffe sowohl auf Situationen beziehen, in welchen, neben den durch diese Begriffe eingeführten Merkmalen, keine weiteren Merkmale vorhanden sind, oder auf Situationen, in welchen ein oder mehrere weitere Merkmale vorhanden sind. Beispielsweise kann sich der Ausdruck "A hat B", "A weist B auf", "A umfasst B" oder "A schließt B ein" sowohl auf die Situation beziehen, in welcher, abgesehen von B, kein weiteres Element in A vorhanden ist (d. h. auf eine Situation, in welcher A ausschließlich aus B besteht), als auch auf die Situation, in welcher, zusätzlich zu B, ein

oder mehrere weitere Elemente in A vorhanden sind, beispielsweise Element C, Elemente C und D oder sogar weitere Elemente.

[0017] Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die Begriffe "mindestens ein" und "ein oder mehrere" sowie grammatikalische Abwandlungen dieser Begriffe, wenn diese in Zusammenhang mit einem oder mehreren Elementen oder Merkmalen verwendet werden und ausdrücken sollen, dass das Element oder Merkmal einfach oder mehrfach vorgesehen sein kann, in der Regel lediglich einmalig verwendet werden, beispielsweise bei der erstmaligen Einführung des Merkmals oder Elementes. Bei einer nachfolgenden erneuten Erwähnung des Merkmals oder Elementes wird der entsprechende Begriff "mindestens ein" oder "ein oder mehrere" in der Regel nicht mehr verwendet, ohne Einschränkung der Möglichkeit, dass das Merkmal oder Element einfach oder mehrfach vorgesehen sein kann.

[0018] Weiterhin werden im Folgenden die Begriffe "vorzugsweise", "insbesondere", "beispielsweise" oder ähnliche Begriffe in Verbindung mit optionalen Merkmalen verwendet, ohne dass alternative Ausführungsformen hierdurch beschränkt werden. So sind Merkmale, welche durch diese Begriffe eingeleitet werden, optionale Merkmale, und es ist nicht beabsichtigt, durch diese Merkmale den Schutzbereich der Ansprüche und insbesondere der unabhängigen Ansprüche einzuschränken. So kann die Erfindung, wie der Fachmann erkennen wird, auch unter Verwendung anderer Ausgestaltungen durchgeführt werden. In ähnlicher Weise werden Merkmale, welche durch "in einer Ausführungsform der Erfindung" oder durch "in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung" eingeleitet werden, als optionale Merkmale verstanden, ohne dass hierdurch alternative Ausgestaltungen oder der Schutzbereich der unabhängigen Ansprüche eingeschränkt werden soll. Weiterhin sollen durch diese einleitenden Ausdrücke sämtliche Möglichkeiten, die hierdurch eingeleiteten Merkmale mit anderen Merkmalen zu kombinieren, seien es optionale oder nicht-optionale Merkmale, unangetastet bleiben.

[0019] In einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Mehrstoffdüse zur Zerstäubung von mindestens einem Fluid vorgeschlagen. Die Mehrstoffdüse kann insbesondere Zweistoffdüse sein. Die Mehrstoffdüse umfasst mindestens einen Fluidkanal zur Führung des mindestens einen Fluides. Das Vorsehen von mindestens einem Fluidkanal erlaubt die Zufuhr von mindestens einem zu zerstäubenden Fluid.

[0020] Die Mehrstoffdüse umfasst mindestens einen Gaskanal zur Führung mindestens eines Gases. Das Vorsehen von mindestens einem Gaskanal erlaubt die Zufuhr von mindestens einem die Zerstäubung des Fluides bewirkenden Gases.

[0021] Die Mehrstoffdüse umfasst mindestens ein in dem mindestens einen Gaskanal angeordneten Turbulenzgenerator. Der Turbulenzgenerator kann insbesondere in einem Strömungsquerschnitt des Gaskanals angeordnet sein. Der Turbulenzgenerator kann dabei den

Strömungsquerschnitt des Gaskanals vollständig oder auch nur teilweise überdecken, bzw. in einer gezielten Erhöhung der Rauigkeit der Oberfläche des Gasströmungskanals bestehen. So kann der Turbulenzgenerator beispielsweise als Strukturierung, insbesondere gezielte Strukturierung, der Oberfläche des Gasströmungskanals ausgebildet sein. Der Turbulenzgenerator weist mindestens ein statisches Mischelement auf, um durch Durchströmen, bzw. Überströmen des Turbulenzgenerators eine Strömung des Gases in eine turbulente Strömung zu überführen. Der Turbulenzgenerator mit dem Mischelement bewirkt eine Erhöhung der Turbulenz des Gases. Durch die Erhöhung der Turbulenz des Gases als Zerstäubungsmediums wird die Effizienz des Zerstäubungsprozesses erhöht. Die für die Erzeugung einer definierten Tropfengröße erforderliche Gasmenge sinkt bei konstanter Gasausströmungsgeschwindigkeit. Dadurch lässt sich der Gasmassenstrom der zur Erzeugung einer vorgegebenen Tropfengröße benötigt wird reduzieren, was die Betriebskosten von Düsen und den Bedarf an Zerstäubungsgas reduziert.

[0022] Die Mehrstoffdüse umfasst weiterhin mindestens eine Düsenaustrittsöffnung zum Austreten zumindest des turbulent strömenden Gases oder eines Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid aus der Mehrstoffdüse. Die mindestens eine Düsenaustrittsöffnung erlaubt somit einen Austritt des turbulent strömenden Gases oder des Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid aus der Mehrstoffdüse und somit den Austritt von kleineren Tropfen als bei herkömmlichen Düsen.

[0023] Das statische Mischelement kann mindestens eine Struktur aufweisen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Gitterstruktur, einer Lamellenstruktur, einer Schraubstruktur, einer offenporigen Struktur und Strukturen mit gezackten Austrittskanten. Derartige Strukturen verbessern den Zerstäubungswirkungsgrad.

[0024] Der Turbulenzgenerator kann mindestens ein Turbulenzgitter umfassen. Ein solches Turbulenzgitter erlaubt eine besonders gute Zerstäubung und ist vergleichsweise günstig herstellbar.

[0025] Das mindestens eine Turbulenzgitter kann eben ausgebildet sein, sich lateral über eine Ebene erstrecken, die gegenüber einer Strömungsrichtung des Gases in einem Winkel angeordnet ist, wobei der Winkel in einem Bereich von 20° bis 160°, insbesondere von 45° bis 135°, beispielsweise von 60° bis 120°, liegen kann. Beispielsweise kann das Turbulenzgitter eine gezackte oder besonders raue Struktur aufweisen, die lediglich an der Wand des Gaskanals angeordnet oder ausgebildet ist. Durch die Wechselwirkung des Gases mit dieser Struktur wird die Turbulenz der Gasströmung erhöht.

[0026] Das mindestens eine Turbulenzgitter kann zumindest teilweise kegelförmig, insbesondere abhängig von dem Strömungsquerschnitt des Gaskanals, beispielsweise in Form eines Kegelstumpfs bei einem ringförmigen Strömungsquerschnitt, ausgebildet sein, wobei ein Winkel der Kegelspitze in einem Bereich von 10° bis

170°, vorzugsweise von 50° bis 130°, beispielsweise von 90° bis 110°, liegen kann. Eine solche Form für das Turbulenzgitter erhöht den Verdünnungs- und somit den Zerstäubungseffekt.

[0027] Der Turbulenzgenerator kann mindestens eine Lage aufweisen, kann aber auch eine Kombination aus mehreren Lagen, auch unterschiedlich geformter Turbulenzgitter, sein. Die Lagen sind vorzugsweise, aber nicht zwingend beabstandet zueinander, wobei die Durchbrüche in den einzelnen Blechen vorzugsweise versetzt zueinander angeordnet sein können. Diese Ausgestaltung führt zu einer Erhöhung der Turbulenz durch Strömung und damit nachfolgend zu einer effizienteren Zerstäubung der Flüssigphase.

[0028] Das Turbulenzgitter kann mit Durchtritten als axiale Waben, gezackte Leitbleche, ähnlich Wellblechen, axial oder radial orientiert sein. Der Zerstäubungseffekt lässt sich somit mit verschiedenen Formen für die Durchtritte erhöht werden, so dass das Turbulenzgitter nach Bedarf gestaltet werden kann.

[0029] Das Turbulenzgitter kann in Strömungsrichtung des Gases eine Dicke aufweisen in dem Bereich von 50 µm bis 10 cm, vorzugsweise in dem Bereich von 100 µm bis 5 cm. Hierbei wird mit zunehmender Dicke in Strömungsrichtung der Turbulenzgrad erhöht.

[0030] Das Turbulenzgitter kann zwischen seinen Gitterstreben einen Abstand in dem Bereich von 50 µm bis 5 cm, vorzugsweise in dem Bereich von 100 µm bis 1 cm aufweisen. Kleinere Abstände erhöhen dabei den Turbulenzgrad.

[0031] Das Turbulenzgitter kann mindestens eine Gitterstrebe umfassen, die eine Stärke in dem Bereich von 50 µm bis 2 mm, vorzugsweise in dem Bereich von 100 µm bis 1 mm aufweist. Mehrere dünne Gitterstreben erhöhen dabei den Turbulenzgrad.

[0032] Das Turbulenzgitter kann zumindest eine quadratische, rechteckige, dreieckige oder trapezförmige Gitterstruktur umfassen. Entsprechend eignen sich verschiedene Gitterformen für die erfindungsgemäße Düse.

[0033] Das Gas kann Druckluft umfassen, insbesondere ein Gasgemisch, welches einen gegenüber einem Umgebungsdruck pU höheren Druck pG aufweist, beispielsweise $pU < pG \leq 2 \text{ bar}$. Damit lässt sich mit vergleichsweise geringem Überdruck eine ausreichende Zerstäubung erzielen.

[0034] Das Fluid kann mindestens eine Flüssigkeit umfassen, beispielsweise Wasser. Auch brennbare Flüssigkeiten lassen sich zerstäuben. Entsprechend lassen sich besonders feine und kleine Flüssigkeitstropfen realisieren.

[0035] Das Fluid kann neben der Flüssigkeit noch weitere Stoffe, insbesondere Feststoffe, aufweisen, insbesondere eine Suspension sein. Somit lassen sich auch fließfähige Stoffgemische zerstäuben.

[0036] Mindestens einer von Gaskanal und Fluidkanal kann mindestens einen anderen von Gaskanal und Fluidkanal zumindest teilweise ringförmig umgeben, insbesondere als Ringkanal ausgebildet sein. Diese Ausführ-

rung ermöglicht eine möglichst effiziente Zerstäubung.

[0037] Zumindest einer von Fluidkanal und Gaskanal kann einen sich entlang einer Düsenachse verjüngenden Querschnitt aufweisen. Dies ermöglicht zusätzlich zur Turbulenz nochmals eine Geschwindigkeitserhöhung hin zum Düsenaustritt.

[0038] Die Mehrstoffdüse kann weiterhin mindestens einen Düsenkanal aufweisen. Die Düsenaustrittsöffnung kann eine Austrittsöffnung des Düsenkanals ein, wobei der mindestens eine Fluidkanal und der mindestens eine Gaskanal in den Düsenkanal münden können, insbesondere zum Vermischen des Fluides und des turbulent strömenden Gases in dem Düsenkanal. Diese Ausführung steigert die Intensität der Wechselwirkung zwischen Zerstäubungsmedium und Fluid und intensiviert die Zerstäubung.

[0039] Zumindest einer von Fluidkanal und Gaskanal kann entlang einer Düsenachse versetzt zu zumindest einem anderen von Fluidkanal und Gaskanal in den Düsenkanal münden.

[0040] Die Mehrstoffdüse kann mindestens zwei Düsenaustrittsöffnungen umfassen. Eine der zumindest zwei Düsenaustrittsöffnungen kann eine Austrittsöffnung des Gaskanals sein. Eine andere der zumindest zwei Düsenaustrittsöffnungen kann eingerichtet sein zum Austreten von zumindest dem Fluid, beispielsweise eines Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid, aus der Mehrstoffdüse. Zumindest ein Kanal der Mehrstoffdüse kann derart ausgestaltet sein, um ein Vermischen des aus den mindestens zwei Düsenaustrittsöffnungen austretenden Fluides und/oder Gases außerhalb der Mehrstoffdüse zu bewirken. Diese Form ist insbesondere dann wichtig, wenn es z.B. bei Kontakt von Gas und Flüssigkeit zu einer Reaktion kommen kann.

[0041] Die Mehrstoffdüse kann einstückig und/oder monolithisch ausgebildet sein. Die Mehrstoffdüse kann beispielsweise zumindest teilweise mittels mindestens eines additiven Herstellungsverfahrens, insbesondere 3D-Druck, hergestellt oder herstellbar sein. Durch additive Herstellungsverfahren lässt sich der Turbulenzgenerator und dessen vergleichsweise komplexe Geometrie realisieren. Durch die Fertigung von Düsen über 3D-Metalldruckverfahren können innerhalb der Düse gasseitig Turbulenzgitter vorgesehen werden, die durch andere Herstellungsverfahren, wie beispielsweise Fräsen, Zerspanen und dergleichen, nicht vorgesehen werden können. Alternativ ist die Düse herkömmlich mittels eines zerspanenden Herstellungsverfahrens hergestellt und nur der Turbulenzgenerator mittels eines additiven Herstellungsverfahrens, insbesondere 3D-Druck, hergestellt oder herstellbar, wobei der Turbulenzgenerator dann in die Düse eingesetzt wird.

[0042] Der Gaskanal und der Fluidkanal können in einem Bereich einer Düsen Spitze der Mehrstoffdüse konzentrisch zueinander ausgebildet sein. Die konzentrische Strömungsführung von Gas und Fluid führt zu einer rotationssymmetrischen Ausbildung des Spraykegels, bzw. Verteilung der Fluidtropfen im Spraykegel. Weiter-

hin können der Gaskanal und der Fluidkanal in dem Bereich der Düsen Spitze einen Anstellwinkel zueinander aufweisen. Der Anstellwinkel kann dabei in einem Bereich von 0° bis 80° und bevorzugt 5° bis 60° liegen, wie beispielsweise 15°, 20°, 30° oder 40°. Ein solcher Anstellwinkel führt zu einer intensivierten Wechselwirkung zwischen Gas und Fluid bereits unmittelbar am Austritt des Fluidkanals. Dies kann insbesondere bei höheren Fluidviskositäten zu einer effizienteren Zerstäubung führen.

[0043] In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Verwendung einer Mehrstoffdüse nach einer der vorstehend oder nachstehend beschriebenen Ausführungsformen für eines oder mehreres von Benetzen, Schmieren, Kühlen, Erwärmen und Beschichten von mindestens einem Gegenstand vorgeschlagen. Auch der Einsatz bei der Produktion von Materialien mittels Sprühtrocknung, der Nutzung im medizinischen Bereich, der Gasreinigung, dem Coating, Rauchgasreinigung, in Lackierprozessen oder aber als Brennerdüse ist grundsätzlich möglich. Bei der Nutzung als Brennerdüse besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass bei der Nutzung von brennbaren Gasen und Gasgemischen als Zerstäubungsgas der Turbulenzgenerator als Flamm Sperre fungieren kann und so einen zusätzlichen Nutzen hat.

[0044] Der Begriff "Düse", wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf eine Querschnittsverengung zur Beeinflussung der Strömung eines Fluids beim Übertritt zwischen einem geschlossenen und einem freien Raum beziehen. Sie kann dabei beispielsweise den Ein- oder Ausgang einer Rohrleitung bilden. Die Düse kann auf ihrer gesamten Länge die gleiche Querschnittsfläche haben, sich erweitern, verjüngen oder die Form ihres Querschnitts verändern. Die Düse verrichtet keine Arbeit, sondern wandelt zwischen Geschwindigkeit und statischem Druck. Durch eine Düse kann ein Fluid entlang eines Druckgefälles beschleunigt, eine feste oder zähflüssige Masse geformt oder, eine flüssige Substanz zerstäubt oder, ein Fluid in eine Rohrleitung eingesaugt werden.

[0045] Der Begriff "Mehrstoffdüse", wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf eine düsenförmige Vorrichtung beziehen, die zur Vermischung bzw. Zerstäubung von mindestens zwei Stoffen ausgebildet ist. Der Begriff Zweistoffdüse bezieht sich beispielsweise auf die Vermischung bzw. Zerstäubung zweier Stoffe. Oft wird z.B. Wasser mit Luft zerstäubt, dies bedeutet jedoch nicht, dass nicht stattdessen auch zwei Flüssigkeiten zerstäubt werden können. Unter

Zerstäubung ist dabei die Überführung einer kompakten Flüssigkeitsmenge in ein Tropfenkollektiv zu verstehen. Mehrstoffdüsen, die auch Pneumatikdüsen genannt werden, kommen in einer Vielzahl von Anwendungen zum Einsatz. Die einzelnen Mehrstoffdüsenbaureihen lassen sich in intern und extern mischende Düsengruppen aufteilen. Dabei werden Gas und Flüssigkeit entweder innerhalb oder außerhalb der Düse zusammengeführt. Je nach Düsenkonstruktion wird die Flüssigkeit selbstständig angesaugt oder unter Druck zugeführt. Je nach Gestaltung des Düsenmundstückes entstehen unterschiedliche Strahlformen. Mehrstoffdüsen sind ideal zur Zerstäubung von kleinen Flüssigkeitsmengen geeignet, sie können jedoch auch für größere Mengen eingesetzt werden. Bei der Pneumatikzerstäubung erzeugen die unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten von Gasen und Flüssigkeiten in einer Düse Druckwellen, die ein Aufreißen der Flüssigkeit in extrem feine Tropfen bewirken. Diese unterschiedlichen Relativgeschwindigkeiten ermöglichen beispielsweise die Zerstäubung von viskosen Medien bei niedrigem Druck. Solche Mehrstoffdüsen, auch als pneumatische Zerstäuber bekannt, verwenden somit zur Zerstäubung ein zweites Medium (Pressluft, Gas, wie beispielsweise CO_2 , oder N_2 , oder Dampf) als Energielieferanten. Das Fluid, wie beispielsweise die Flüssigkeit, wird durch die Strömungsgeschwindigkeit des zweiten Mediums in feine Tropfen zerrissen. So muss die zu zerstäubende Flüssigkeit selbst nur eine relativ geringe Strömungsgeschwindigkeit aufweisen. Es entsteht eine sehr feine Zerstäubung selbst bei hochviskosen Flüssigkeiten oder Suspensionen. Je nach Viskosität, Dichte und Oberflächenspannung kann die zu zerstäubende Flüssigkeit angesaugt, über ein Gefälle oder unter Druck zugeführt werden. In gewissen Grenzen arbeiten einige Zweistoffdüsen auch als Injektor. Zweistoffdüsen lassen sich je nach Bauart in intern und extern mischende Düsen einteilen. Dabei werden das Zerstäubungsmedium und die Flüssigkeit entweder innerhalb oder außerhalb der Düse zusammengebracht. Bei der Außenmischung strömt die Flüssigkeit z.B. durch ein zentrales Rohr bzw. einen zentralen Kanal aus der Düse aus. Die Gasphase tritt bei außenmischenden Düsen z.B. durch ein das Flüssigkeitsrohr konzentrisch umgebendes Rohr bzw. Kanal und den zwischen den beiden Rohrenden gebildeten Ringspalt in der gleichen Ebene, oder aber mit einem geringen axialen Versatz zur Flüssigkeitsleitung, aus. Die Flüssigkeit tritt somit als kompakte Strömung aus der Düse aus und der Kontakt von Gas- und Flüssigkeitsphase erfolgt dementsprechend außerhalb der Düse. Die Flüssigkeit wird anschließend von der aus z.B. einem Ringspalt austretenden Pressluft bzw. dem austretenden Gas auf Scherung beansprucht und in feine Tropfen zerrissen. Das Ergebnis ist ein feines Sprühbild bis hin zur Vernebelung. Bei der Innenmischung erfolgt der Kontakt von Flüssigkeit und Gasphase in einer Mischkammer, wie beispielsweise einer Rohrleitung, innerhalb der Düse. Hierdurch intensiviert sich die Wechselwirkung zwi-

schen Gas und Flüssigkeit und es bildet sich ein besonders feines Spray aus. Bei intern mischenden Düsen kann abhängig vom Medium und dem gewünschten Zerstäubungseffekt eine Vorzerstäubung sinnvoll sein. Sie kann z.B. durch die Verwendung eines geeigneten Drallkörpers erfolgen. Es sind auch Ausführungen denkbar, bei denen nur ein Teil des Zerstäubungsgases für die innere Vorzerstäubung genutzt wird und der andere Teil erst außerhalb der Düse am Düsenmund mit der vorzerstäubten Flüssigkeit in Kontakt tritt. Diese gestufte Zerstäubung bietet sich insbesondere dann an, wenn sich in der Mischkammer ein Wandfilm an Flüssigkeit gebildet hat, der ohne die weitere Zerstäubung am Düsenmund zu großen Tropfen führen würde.

5
10
15
20
25
30
35
[0046] Der Begriff "Fluid", wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf Substanzen beziehen, die sich unter dem Einfluss von Scherkräften kontinuierlich verformen, d. h. sie fließen. Das Schubmodul idealer Fluide ist null. In der Chemie und Physik werden fließfähige Materialien, die Gase, Flüssigkeiten und überkritische Fluide umfassen, unter dem Begriff Fluide zusammengefasst. Viele physikalische Gesetze gelten für Gase und Flüssigkeiten gleichermaßen, denn sie unterscheiden sich in manchen Eigenschaften nur quantitativ (in der Größenordnung des Effekts), aber nicht qualitativ. Die Strömungslehre bezeichnet jede Substanz als Fluid, die einer genügend langsamen Scherung keinen Widerstand entgegensetzt (endliche Viskosität). In diesem Sinne umfasst der Begriff außer Materie im flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand auch Plasma, Suspensionen und Aerosole.

40
45
50
[0047] Der Begriff "Turbulenzgenerator", wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf ein Bauteil beziehen, das derart gestaltet oder ausgebildet ist, um eine laminare oder lediglich leicht turbulente Strömung eines Fluids in eine Strömung mit hohem Turbulenzgrad zu überführen, ohne dabei zwingend die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids in Hauptströmungsrichtung zu ändern. Der Turbulenzgenerator kann zu diesem Zweck eine entsprechende Oberfläche und/oder Strömungsführung aufweisen.

55
[0048] Der Begriff "statisches Mischelement", wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf eine Vorrichtung zum Mischen von Fluiden beziehen, in der allein die Strömungsbewegung die Vermischung bewirkt und die nicht über bewegte

Elemente verfügt. Das statische Mischelement besteht aus strömungsbeeinflussenden Elementen in einem Rohr oder Kanal. Diese teilen abwechselnd den Stoffstrom auf und führen ihn dann wieder zusammen, wodurch eine Erhöhung der Turbulenz erreicht wird. Statische Mischelemente eignen sich insbesondere für die Kombinationen flüssig/flüssig, gasförmig/gasförmig und flüssig/gasförmig. Das statische Mischelement kann insbesondere aus aneinandergereihten Elementen / Ebenen bestehen oder aufweisen, die meist schrauben-, lamellen- oder auch gitterförmig sind. Hierbei ist nicht zwingend erforderlich, die Strömung auf mehrere Teilströme aufzuteilen, sondern es kann auch durch die einfache Umströmung des statischen Mischers die Durchmischung und damit auch die Turbulenz der Strömung erhöht werden. Die treten in Wechselwirkung mit dem Stoffstrom, verdrehen die Ströme und führen sie wieder zusammen. So erhöht jede weitere Mischebene den Turbulenzgrad der Strömung weiter.

[0049] Der Begriff "Turbulenzgitter", wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf ein gitterförmiges Bauteil beziehen, das zum Erzeugen von turbulenter Strömung beim Durchtritt durch die Durchtritts- oder Gitteröffnungen ausgebildet ist. Die Durchtritts- oder Gitteröffnungen können identisch oder zueinander verschieden ausgebildet sein. Die Gitterstreben, die die Durchtritts- oder Gitteröffnungen definieren können identisch oder unterschiedlich zueinander ausgebildet sein.

[0050] Der Begriff "Düsenspitze", wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf einen Bereich der Mehrstoffdüse beziehen, in dem die Düsenaustrittsöffnung angeordnet ist.

[0051] Der Begriff "Anstellwinkel", wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf einen Winkel zwischen zwei Strömungsrichtungen beziehen. Die jeweilige Strömungsrichtung kann dabei durch den Gaskanal und den Fluidkanal vorgegeben sein. Insbesondere kann die jeweilige Strömungsrichtung parallel zu einer Mittel- oder Rotationsachse des Gaskanals und des Fluidkanals definiert sein.

[0052] Zusammenfassend werden, ohne Beschränkung weiterer möglicher Ausgestaltungen, folgende Ausführungsformen vorgeschlagen:

Ausführungsform 1: Mehrstoffdüse, insbesondere

Zweistoffdüse, zur Zerstäubung von mindestens einem Fluid, umfassend:

- mindestens ein Fluidkanal zur Führung des mindestens einen Fluides;
- mindestens ein Gaskanal zur Führung mindestens eines Gases;
- mindestens ein in dem mindestens einen Gaskanal, insbesondere in einem Strömungsquerschnitt des Gaskanals, angeordneter Turbulenzgenerator, wobei der Turbulenzgenerator mindestens ein statisches Mischelement aufweist, um durch Durchströmen oder Überströmen des Turbulenzgenerators eine Strömung des Gases in eine turbulente Strömung zu überführen;
- mindestens eine Düsenaustrittsöffnung zum Austreten zumindest des turbulent strömenden Gases oder eines Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid aus der Mehrstoffdüse.

Ausführungsform 2: Mehrstoffdüse nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei das statische Mischelement mindestens eine Struktur aufweist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Gitterstruktur, einer Lamellenstruktur, einer Schraubstruktur, einer offenporigen Struktur oder Strukturen mit gezackten Austrittskanten

Ausführungsform 3: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der Turbulenzgenerator mindestens ein Turbulenzgitter umfasst.

Ausführungsform 4: Mehrstoffdüse nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei das mindestens eine Turbulenzgitter eben ausgebildet, sich lateral über eine Ebene erstreckt, die gegenüber einer Strömungsrichtung des Gases in einem Winkel angeordnet ist, wobei der Winkel in einem Bereich liegt von 20° bis 160°, insbesondere von 45° bis 135°, beispielsweise von 60° bis 120°.

Ausführungsform 5: Mehrstoffdüse nach einer der zwei vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das mindestens eine Turbulenzgitter zumindest teilweise kegelförmig, insbesondere abhängig von dem Strömungsquerschnitt des Gaskanals, beispielsweise in Form eines Kegelstumpfs bei einem ringförmigen Strömungsquerschnitt, ausgebildet ist, wobei ein Winkel der Kegelspitze in einem Bereich liegt von 10° bis 170°, vorzugsweise von 50° bis 130°, beispielsweise von 90° bis 110°.

Ausführungsform 6: Mehrstoffdüse nach einer der drei vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der Turbulenzgenerator mindestens eine Lage eines

Turbulenzgitters aufweist.

Ausführungsform 7: Mehrstoffdüse nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei der Turbulenzgenerator mehrere Lagen aufweist, insbesondere unterschiedlich geformter Turbulenzgitter. 5

Ausführungsform 8: Mehrstoffdüse nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei die Lagen beabstandet zueinander sind. 10

Ausführungsform 9: Mehrstoffdüse nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei die Durchbrüche in den einzelnen Lagen versetzt zueinander angeordnet sind. 15

Ausführungsform 10: Mehrstoffdüse nach einer der Ausführungsformen 3 bis 9, wobei das Turbulenzgitter mit Durchtritten als axiale Waben, gezackte Leitbleche, axial oder radial orientiert ausgebildet ist. 20

Ausführungsform 11: Mehrstoffdüse nach einer der Ausführungsformen 3 bis 10, wobei das Turbulenzgitter in Strömungsrichtung des Gases eine Dicke aufweist in dem Bereich von 50 μm bis 10 cm, vorzugsweise in dem Bereich von 100 μm bis 5 cm. 25

Ausführungsform 12: Mehrstoffdüse nach einer der Ausführungsformen 3 bis 11, wobei das Turbulenzgitter zwischen seinen Gitterstreben einen Abstand in dem Bereich von 50 μm bis 5 cm, vorzugsweise in dem Bereich von 100 μm bis 1 cm aufweist. 30

Ausführungsform 13: Mehrstoffdüse nach einer der Ausführungsformen 3 bis 12, wobei das Turbulenzgitter mindestens eine Gitterstrebe umfasst, die eine Stärke aufweist in dem Bereich von 50 μm bis 2 mm, vorzugsweise in dem Bereich von 100 μm bis 1 mm. 35

Ausführungsform 14: Mehrstoffdüse nach einer der Ausführungsformen 3 bis 13, wobei das Turbulenzgitter zumindest eine quadratische, rechteckige, dreieckige oder trapezförmige Gitterstruktur umfasst. 40

Ausführungsform 15: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Gas Druckluft umfasst, insbesondere ein Gasgemisch welches einen gegenüber einem Umgebungsdruck p_U höheren Druck p_G aufweist, beispielsweise $p_U < p_G \leq 2 \text{ bar}$. 45

Ausführungsform 16: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Fluid mindestens eine Flüssigkeit umfasst, beispielsweise Wasser. 50

Ausführungsform 17: Mehrstoffdüse nach der vor-

hergehenden Ausführungsform, wobei das Fluid neben der Flüssigkeit noch weitere Stoffe, insbesondere Feststoffe, aufweist, also beispielsweise eine Suspension ist.

Ausführungsform 18: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei mindestens einer von Gaskanal und Fluidkanal mindestens einen anderen von Gaskanal und Fluidkanal zumindest teilweise ringförmig umgibt, insbesondere also als Ringkanal ausgebildet ist.

Ausführungsform 19: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei zumindest einer von Fluidkanal und Gaskanal einen sich entlang einer Düsenachse verjüngenden Querschnitt aufweist.

Ausführungsform 20: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Mehrstoffdüse weiterhin mindestens einen Düsenkanal aufweist, wobei die Düsenaustrittsöffnung eine Austrittsöffnung des Düsenkanals ist, wobei der mindestens eine Fluidkanal und der mindestens eine Gaskanal in den Düsenkanal münden, insbesondere zum Vermischen des Fluides und des turbulent strömenden Gases in dem Düsenkanal.

Ausführungsform 21: Mehrstoffdüse nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei zumindest einer von Fluidkanal und Gaskanal entlang einer Düsenachse versetzt zu zumindest einem anderen von Fluidkanal und Gaskanal in den Düsenkanal mündet.

Ausführungsform 22: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Mehrstoffdüse mindestens zwei Düsenaustrittsöffnungen umfasst, wobei eine der zumindest zwei Düsenaustrittsöffnungen eine Austrittsöffnung des Gaskanals ist, wobei eine andere der zumindest zwei Düsenaustrittsöffnungen eingerichtet ist zum Austreten von zumindest dem Fluid, beispielsweise eines Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid, aus der Mehrstoffdüse, wobei zumindest ein Kanal der Mehrstoffdüse derart ausgestaltet ist, um ein Vermischen des aus den mindestens zwei Düsenaustrittsöffnungen austretenden Fluides und/oder Gases außerhalb der Mehrstoffdüse zu bewirken.

Ausführungsform 23: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Mehrstoffdüse einstückig und/oder monolithisch ausgebildet ist.

Ausführungsform 24: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die

Mehrstoffdüse zumindest teilweise mittels mindestens eines additiven Herstellungsverfahrens, insbesondere 3D-Druck, hergestellt oder herstellbar ist.

Ausführungsform 25: Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der Gaskanal und der Fluidkanal in einem Bereich einer Düsen Spitze der Mehrstoffdüse konzentrisch zueinander ausgebildet sind.

Ausführungsform 26: Mehrstoffdüse nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei der Gaskanal und der Fluidkanal in dem Bereich der Düsen Spitze einen Anstellwinkel zueinander aufweisen.

Ausführungsform 27: Verwendung einer Mehrstoffdüse nach einer der vorhergehenden eine Mehrstoffdüse betreffenden Ausführungsformen für eines oder mehreres von Benetzen, Schmieren, Kühlen, Erwärmen und Beschichten von mindestens einem Gegenstand, bei der Produktion von Materialien mittels Sprühtrocknung, der Nutzung im medizinischen Bereich, der Gasreinigung, dem Coating, Rauchgasreinigung, in Lackierprozessen, und als Brennerdüse.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0053] Weitere Einzelheiten und Merkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, insbesondere in Verbindung mit den Unteransprüchen. Hierbei können die jeweiligen Merkmale für sich alleine oder zu mehreren in Kombination miteinander verwirklicht sein. Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt. Die Ausführungsbeispiele sind in den Figuren schematisch dargestellt. Gleiche Bezugsziffern in den einzelnen Figuren bezeichnen dabei gleiche oder funktionsgleiche bzw. hinsichtlich ihrer Funktionen einander entsprechende Elemente.

[0054] Im Einzelnen zeigen:

- Figur 1 eine Querschnittsansicht einer Mehrstoffdüse gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Figuren 2A und 2B jeweils eine Querschnittsansicht eines Turbulenzgenerators der Mehrstoffdüse;
- Figuren 3A bis 3F jeweils eine Querschnittsansicht eines Turbulenzgitters;
- Figur 4 eine Querschnittsansicht einer Mehrstoffdüse gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Figur 5

eine Querschnittsansicht einer Mehrstoffdüse gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Figur 6

eine Querschnittsansicht einer Mehrstoffdüse gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

10

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0055] Figur 1 zeigt eine Querschnittsansicht einer Mehrstoffdüse 100 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Mehrstoffdüse 100 ist zur Zerstäubung von mindestens einem Fluid ausgebildet. Die Mehrstoffdüse 100 ist bei der gezeigten Ausführungsform beispielhaft als Zweistoffdüse ausgebildet.

[0056] Die Mehrstoffdüse 100 weist mindestens einen Fluidkanal 102 zur Führung des mindestens einen Fluides auf. Das Fluid umfasst mindestens eine Flüssigkeit, wie beispielsweise Wasser. Das Fluid kann neben der Flüssigkeit noch weitere Stoffe, insbesondere Feststoffe, aufweisen, also beispielsweise eine Suspension sein. Der Fluidkanal 102 erstreckt sich koaxial zu einer Düsenachse 104 der Mehrstoffdüse 100. Bei der gezeigten Ausführungsform weist der Fluidkanal 102 entlang der Düsenachse 104 einen konstanten Durchmesser 106 auf.

[0057] Die Mehrstoffdüse 100 weist weiterhin mindestens einen Gaskanal 108 zur Führung mindestens eines Gases auf. Das Gas kann grundsätzlich jedes beliebige Gas sein. Das Gas kann beispielsweise Druckluft umfassen, insbesondere ein Gasgemisch. Das Gas kann einen gegenüber einem Umgebungsdruck p_U höheren Druck p_G aufweisen, beispielsweise $p_U < p_G \leq 2$ bar. Der Gaskanal 108 umgibt den Fluidkanal 102 zumindest teilweise ringförmig. Der Gaskanal 108 erstreckt sich koaxial zu der Düsenachse 104 der Mehrstoffdüse 100. Insbesondere ist der Gaskanal 108 als Ringkanal 110 ausgebildet. Der Gaskanal 108 weist einen sich entlang der Düsenachse 104 verjüngenden Querschnitt 112 bzw. Durchmesser auf.

[0058] Die Mehrstoffdüse 100 weist weiterhin mindestens einen Turbulenzgenerator 114 auf. Der Turbulenzgenerator 114 ist in dem mindestens einen Gaskanal 108 angeordnet. Insbesondere ist der Turbulenzgenerator 114 in einem Strömungsquerschnitt 116 des Gaskanals 108 angeordnet. Der Turbulenzgenerator 114 weist mindestens ein statisches Mischelement 118 auf, um durch Durchströmen oder Überströmen des Turbulenzgenerators 114 eine Strömung des Gases in eine turbulente Strömung zu überführen. Das statische Mischelement 118 weist mindestens eine Struktur auf ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Gitterstruktur, einer Lamellenstruktur, einer Schraubstruktur, einer Struktur mit dreieckigem Querschnitt, einer offenporigen Struktur und Strukturen mit gezackten Austrittskanten, einer

Struktur mit rauer Oberfläche. Der Turbulenzgenerator 114 mindestens ein Turbulenzgitter 120 umfasst. Das mindestens eine Turbulenzgitter 120 ist zumindest teilweise kegelförmig, insbesondere abhängig von dem Strömungsquerschnitt 116 des Gaskanals 108, ausgebildet. Beispielsweise ist das Turbulenzgitter 120 in Form eines Kegelstumpfs bei einem ringförmigen Strömungsquerschnitt 116 ausgebildet. Ein Winkel der Kegelspitze kann in einem Bereich von 10° bis 170° , vorzugsweise von 50° bis 130° liegen, beispielsweise von 90° bis 110° . Das Turbulenzgitter 120 weist in Strömungsrichtung des Gases eine Dicke auf in dem Bereich von $50\text{ }\mu\text{m}$ bis 10 cm , vorzugsweise in dem Bereich von $100\text{ }\mu\text{m}$ bis 5 cm . Grundsätzlich kann das Turbulenzgitter 120 in Gittergröße, Gitterlänge und Gitterform unterschiedlich ausgeführt werden, wie nachstehend ausführlicher beschrieben wird.

[0059] Die Figuren 2A und 2B zeigen jeweils eine Querschnittsansicht eines Turbulenzgenerators 114 der Mehrstoffdüse 100. Der Schnitt verläuft dabei senkrecht zur Düsenachse 104. Das Turbulenzgitter 120 des Turbulenzgenerators 114 der Figur 2A weist dabei im Vergleich zum Turbulenzgitter 120 des Turbulenzgenerators 114 der Figur 2B eine größere Gitterweite auf. Das Turbulenzgitter 120 umfasst mindestens eine Gitterstrebe 122, die eine Dicke oder Stärke 124 aufweist in dem Bereich von $50\text{ }\mu\text{m}$ bis 2 mm , vorzugsweise in dem Bereich von $100\text{ }\mu\text{m}$ bis 1 mm . Das Turbulenzgitter 120 weist zwischen seinen Gitterstreben 122 einen Abstand 126 in dem Bereich von $50\text{ }\mu\text{m}$ bis 5 cm , vorzugsweise in dem Bereich von $100\text{ }\mu\text{m}$ bis 1 cm , auf. Das Turbulenzgitter 120 umfasst zumindest eine quadratische, rechteckige, dreieckige oder trapezförmige Gitterstruktur.

[0060] Die Figuren 3A bis 3F zeigen jeweils eine Querschnittsansicht eines Turbulenzgitters 120. Der Schnitt verläuft dabei axial bzw. parallel zur Düsenachse 104. In den Figuren 3A bis 3F sind gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale mit gleichen Bezugszeichen versehen. Wie in Figur 3A gezeigt, kann das Turbulenzgitter 120 mit Durchtritten 128 als axiale Waben 130 ausgebildet sein. Wie in Figur 3B gezeigt, kann das Turbulenzgitter 120 mit Durchtritten 128 als gezackte Leitbleche 132 ausgebildet sein, die axial bezüglich der Düsenachse 104 orientiert sind. Wie in Figur 3C gezeigt, kann das Turbulenzgitter 120 mit Durchtritten 128 als gezackte Leitbleche, bzw. dreieckigem Querschnitt 132 ausgebildet sein, die radial bezüglich der Düsenachse 104 orientiert sind. Grundsätzlich kann der Turbulenzgenerator 114 mindestens eine Lage auf des Turbulenzgitters 120 aufweisen. Wie in Figur 3D gezeigt, kann der Turbulenzgenerator 114 jedoch aus mehreren Lagen 134, auch unterschiedlich geformter Turbulenzgitter 120, ausgebildet sein. Dabei sind die Durchbrüche bzw. Durchtritte 128 in den einzelnen Blechen bzw. Lagen 134 vorzugsweise versetzt zueinander angeordnet, beispielsweise in versetzten Ebenen 136. Wie in Figur 3E gezeigt, kann das Turbulenzgitter 120 als eine Art poröse

Schwammstruktur 138, wie beispielsweise eine Sinterplatte, ausgebildet sein. Wie in Figur 3F gezeigt, kann das Turbulenzgitter 120 mit Durchtritten 128 als gezackte Leitbleche 132 ausgebildet sein, die axial bezüglich der Düsenachse 104 unterbrochen sind. Durch die Veränderung von Gitterweite, Gitterlänge und Ausformung des Turbulenzgitters 120 kann der Turbulenzgrad abhängig von den Anforderungen der Zerstäubungsgüte angepasst werden. Es wird explizit betont, dass auch eine Kombination unterschiedlicher Gitterformen übereinander geschichtet möglich ist.

[0061] Die Mehrstoffdüse 100 weist weiterhin mindestens eine Düsenaustrittsöffnung 140 zum Austreten zumindest des turbulent strömenden Gases oder eines Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid aus der Mehrstoffdüse 100 auf. Der Gaskanal 108 verjüngt sich dabei entlang der Düsenachse 104 gleichmäßig in Richtung zu der Düsenaustrittsöffnung 140.

[0062] Bei der gezeigten Mehrstoffdüse 100 handelt es sich um eine gasgestützte Düse zur Zerstäubung von Flüssigkeiten und Suspensionen unterschiedlicher Viskosität. Die flüssige Phase strömt dabei durch ein den Fluidkanal 102, der beispielsweise als zentrales Rohr ausgebildet ist, und wird von einer konzentrischen Gasströmung umhüllt. Die Zerstäubung erfolgt wie auch bei herkömmlichen Düsen durch die Wechselwirkung von schnell strömender Gasphase und langsam strömender Flüssigphase. Im Unterschied zu den herkömmlichen gasgestützten Düsen ist im Gaskanal 108 der Turbulenzgenerator 114 vorgesehen. Dieser erhöht die gasseitige Turbulenz. Hierdurch wird bei sonst konstanten Betriebsbedingungen, wie Massestrom des Gases $\dot{M}_{\text{gas}}$, Massestrom des Fluids bzw. der Flüssigkeit $\dot{M}_{\text{liq}}$, Geschwindigkeit des Gases v_{gas} , Geschwindigkeit des Fluids bzw. der Flüssigkeit v_{liq} , eine Intensivierung der Wechselwirkung zwischen Gas- und Flüssigphase bewirkt, was zu einer Reduzierung der resultierenden Tropfengröße ohne Eingriff in die Betriebsbedingungen der Mehrstoffdüse 100 führt. Die Mehrstoffdüse 100 kann dabei einstückig ausgebildet sein. Mit anderen Worten ist die Mehrstoffdüse 100 mit ihren Bestandteilen, wie beispielsweise dem Turbulenzgenerator 114, als ein einziges Bauteil hergestellt. Die Mehrstoffdüse 100 muss also nicht aus mehreren Bestandteilen zusammengebaut sein, sondern kann quasi monolithisch hergestellt sein. Dies ist beispielsweise möglich, indem die Mehrstoffdüse 100 mittels eines additiven Herstellungsverfahrens hergestellt wird, beispielsweise mittels 3D-Druck.

[0063] Figur 4 zeigt eine Querschnittsansicht einer Mehrstoffdüse 100 gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Nachstehend werden lediglich die Unterschiede zu der vorherigen Ausführungsform beschrieben und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Bei der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform der Mehrstoffdüse 100 verjüngt sich der Gaskanal 108 nicht gleichmäßig entlang der Düsenachse 104, sondern ungleichmäßig. So weist der Gaskanal 108 einen ersten

Gaskanalabschnitt 142 mit einem ersten Durchmesser 144 und einen zweiten Gaskanalabschnitt 146 mit einem zweiten Durchmesser 148 auf, wobei der zweite Durchmesser 148 kleiner als der erste Durchmesser 144 ist. Der erste Gaskanalabschnitt 142 geht dabei stufenförmig in den zweiten Gaskanalabschnitt 146 über. Der zweite Gaskanalabschnitt 146 ist über einen sich kegelförmig verjüngenden dritten Gaskanalabschnitt 150 mit einem Ringspalt oder Ringkanal 110 fluidverbunden, der an die Düsenaustrittsöffnung 140 angrenzt.

[0064] Figur 5 eine Querschnittsansicht einer Mehrstoffdüse 100 gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Nachstehend werden lediglich die Unterschiede zu der vorherigen Ausführungsform beschrieben und gleich oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Bei der in Figur 6 gezeigten Ausführungsform der Mehrstoffdüse 100 ist die Stoffführung im Vergleich zu der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform der Mehrstoffdüse 100 vertauscht. Mit anderen Worten ist der Gaskanal 108 koaxial bzw. ringförmig von dem Fluidkanal 102 umgeben. Bei der in Figur 5 gezeigten Ausführungsform der Mehrstoffdüse 100 verjüngt sich der Fluidkanal 102 nicht gleichmäßig entlang der Düsenachse 104, sondern ungleichmäßig. So weist der Fluidkanal 102 einen ersten Fluidkanalabschnitt 152 mit einem ersten Durchmesser 154 und einen zweiten Fluidkanalabschnitt 156 mit einem zweiten Durchmesser 158 auf, wobei der zweite Durchmesser 158 kleiner als der erste Durchmesser 154 ist. Der erste Fluidkanalabschnitt 152 geht dabei stufenförmig in den zweiten Fluidkanalabschnitt 156 über. Der zweite Fluidkanalabschnitt 156 ist über einen sich kegelförmig verjüngenden dritten Fluidkanalabschnitt 160 mit einem Ringspalt oder Ringkanal 110 fluidverbunden, der an die Düsenaustrittsöffnung 140 angrenzt.

[0065] Figur 6 eine Querschnittsansicht einer Mehrstoffdüse 100 gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Nachstehend werden lediglich die Unterschiede zu der vorherigen Ausführungsform beschrieben und gleich oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Bei der in Figur 6 gezeigten Ausführungsform der Mehrstoffdüse 100 weist die Mehrstoffdüse 100 einen zweiten oder weiteren Gaskanal 162 auf. Der weitere Gaskanal 162 umgibt den Fluidkanal 102 koaxial bzw. ringförmig. Dabei verjüngt sich der weitere Gaskanal 162 nicht gleichmäßig entlang der Düsenachse 104, sondern ungleichmäßig. So weist der weitere Gaskanal 162 einen ersten Gaskanalabschnitt 164 mit einem ersten Durchmesser 166 und einen zweiten Gaskanalabschnitt 168 mit einem zweiten Durchmesser 170 auf, wobei der zweite Durchmesser 170 kleiner als der erste Durchmesser 166 ist. Der erste Gaskanalabschnitt 164 geht dabei stufenförmig in den zweiten Gaskanalabschnitt 168 über. Der zweite Gaskanalabschnitt 168 ist über einen sich kegelförmig verjüngenden dritten Gaskanalabschnitt 172 mit einem weiteren Ringspalt oder Ringkanal 110 fluidverbunden, der an die Düsenaustritts-

öffnung 140 angrenzt.

[0066] Die beschriebenen Mehrstoffdüsen 100 können wie folgt modifiziert werden. Das mindestens eine Turbulenzgitter 120 kann eben ausgebildet sein, sich lateral über eine Ebene erstrecken, die gegenüber einer Strömungsrichtung des Gases in einem Winkel angeordnet ist, wobei der Winkel in einem Bereich liegt von 20° bis 160°, insbesondere von 45° bis 135°, beispielsweise von 60° bis 120°. Alternativ kann der Turbulenzgenerator als (gezielte) Rauigkeit der Oberfläche des Gaskanals ausgebildet sein. Die Mehrstoffdüse 100 kann weiterhin mindestens einen Düsenkanal aufweisen. Die Düsenaustrittsöffnung 140 kann in diesem Fall eine Austrittsöffnung des Düsenkanals sein. Der mindestens eine Fluidkanal 102 und der mindestens eine Gaskanal 108 können in den Düsenkanal münden, insbesondere zum Vermischen des Fluides und des turbulent strömenden Gases in dem Düsenkanal. Der Fluidkanal 102 und/oder der Gaskanal 108 können entlang einer Düsenachse 104 versetzt zu zumindest zu einem anderen von Fluidkanal 102 und Gaskanal 108 in den Düsenkanal münden. Die Mehrstoffdüse 100 kann mindestens zwei Düsenaustrittsöffnungen 140 umfassen. Dabei ist eine der zumindest zwei Düsenaustrittsöffnungen 140 eine Austrittsöffnung des Gaskanals 108. Eine andere der zumindest zwei Düsenaustrittsöffnungen 140 ist eingerichtet zum Austreten von zumindest dem Fluid, beispielsweise eines Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid, aus der Mehrstoffdüse 100. Dabei ist zumindest ein Kanal der Mehrstoffdüse 100 derart ausgestaltet, um ein Vermischen des aus den mindestens zwei Düsenaustrittsöffnungen 140 austretenden Fluides und/oder Gases außerhalb der Mehrstoffdüse 100 zu bewirken.

[0067] Verwendung einer Mehrstoffdüse 100 nach einer der vorstehend oder nachstehend beschriebenen Ausführungsformen für eines oder mehreres von Benetzen, Schmieren, Kühlen, Erwärmen und Beschichten von mindestens einem Gegenstand vorgeschlagen. Auch der Einsatz bei der Produktion von Materialien mittels Sprühtrocknung, der Nutzung im medizinischen Bereich, der Gasreinigung, dem Coating, der Rauchgasreinigung, in Lackierprozessen oder aber als Brennerdüse ist grundsätzlich möglich. Bei der Nutzung als Brennerdüse besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass bei der Nutzung von brennbaren Gasen und Gasgemischen als Zerstäubungsgas der Turbulenzgenerator 114 als Flamm Sperre fungieren kann und so einen zusätzlichen Nutzen hat.

Bezugszeichenliste

[0068]

100	Mehrstoffdüse
102	Fluidkanal
104	Düsenachse
106	Durchmesser

108 Gaskanal
 110 Ringkanal
 112 verjüngender Querschnitt Gaskanal
 114 Turbulenzgenerator
 116 Strömungsquerschnitt 5
 118 statisches Mischelement
 120 Turbulenzgitter
 122 Gitterstrebe
 124 Stärke
 126 Abstand 10
 128 Durchtritt
 130 axiale Wabe
 132 gezacktes Leitblech
 134 Lage
 136 Ebene 15
 138 poröse Schwammstruktur
 140 Düsenaustrittsöffnung
 142 erster Gaskanalabschnitt
 144 erster Durchmesser des ersten Gaskanalabschnitts 20
 146 zweiter Gaskanalabschnitt
 148 zweiter Durchmesser des zweiten Gaskanalabschnitts
 150 dritter Gaskanalabschnitt
 152 erster Fluidkanalabschnitt 25
 154 erster Durchmesser des ersten Fluidkanalabschnitts
 156 zweiter Fluidkanalabschnitt
 158 zweiter Durchmesser des zweiten Fluidkanalabschnitts 30
 160 dritter Fluidkanalabschnitt
 162 weiterer Gaskanal
 164 erster Gaskanalabschnitt
 166 erster Durchmesser des ersten Gaskanalabschnitts 35
 168 zweiter Gaskanalabschnitt
 170 zweiter Durchmesser des zweiten Gaskanalabschnitts
 172 dritter Gaskanalabschnitt

Patentansprüche

1. Mehrstoffdüse (100), insbesondere Zweistoffdüse, zur Zerstäubung von mindestens einem Fluid, umfassend:

- mindestens ein Fluidkanal (102) zur Führung des mindestens einen Fluides;
- mindestens ein Gaskanal (108) zur Führung mindestens eines Gases;
- mindestens ein in dem mindestens einen Gaskanal (108), insbesondere in einem Strömungsquerschnitt (116) des Gaskanals (108), angeordneter Turbulenzgenerator (114), wobei der Turbulenzgenerator (114) mindestens ein statisches Mischelement (118) aufweist, um durch Durchströmen oder Überströmen des Turbulenzgenerators (114) eine Strömung des Gases

in eine turbulente Strömung zu überführen;
 - mindestens eine Düsenaustrittsöffnung (140) zum Austreten zumindest des turbulent strömenden Gases oder eines Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid, aus der Mehrstoffdüse (100).

2. Mehrstoffdüse (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das statische Mischelement (118) mindestens eine Struktur aufweist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Gitterstruktur, einer Lamellenstruktur, einer Schraubstruktur, einer offenkörperigen Struktur oder Strukturen mit gezackten Austrittskanten.

3. Mehrstoffdüse (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Turbulenzgenerator (114) mindestens ein Turbulenzgitter (120) umfasst.

4. Mehrstoffdüse (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das mindestens eine Turbulenzgitter (120) eben ausgebildet, sich lateral über eine Ebene erstreckt, die gegenüber einer Strömungsrichtung des Gases in einem Winkel angeordnet ist, wobei der Winkel in einem Bereich liegt von 20° bis 160°, insbesondere von 45° bis 135°, beispielsweise von 60° bis 120°.

5. Mehrstoffdüse (100) nach einem der zwei vorhergehenden Ansprüche, wobei das mindestens eine Turbulenzgitter (120) zumindest teilweise kegelförmig, insbesondere abhängig von dem Strömungsquerschnitt (116) des Gaskanals (108), beispielsweise in Form eines Kegelstumpfs bei einem ringförmigen Strömungsquerschnitt (116), ausgebildet ist, wobei ein Winkel der Kegelspitze in einem Bereich liegt von 10° bis 170°, vorzugsweise von 50° bis 130°, beispielsweise von 90° bis 110°.

6. Mehrstoffdüse (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens einer von Gaskanal (108) und Fluidkanal (102) mindestens einen anderen von Gaskanal (108) und Fluidkanal (102) zumindest teilweise ringförmig umgibt, insbesondere also als Ringkanal (110) ausgebildet ist.

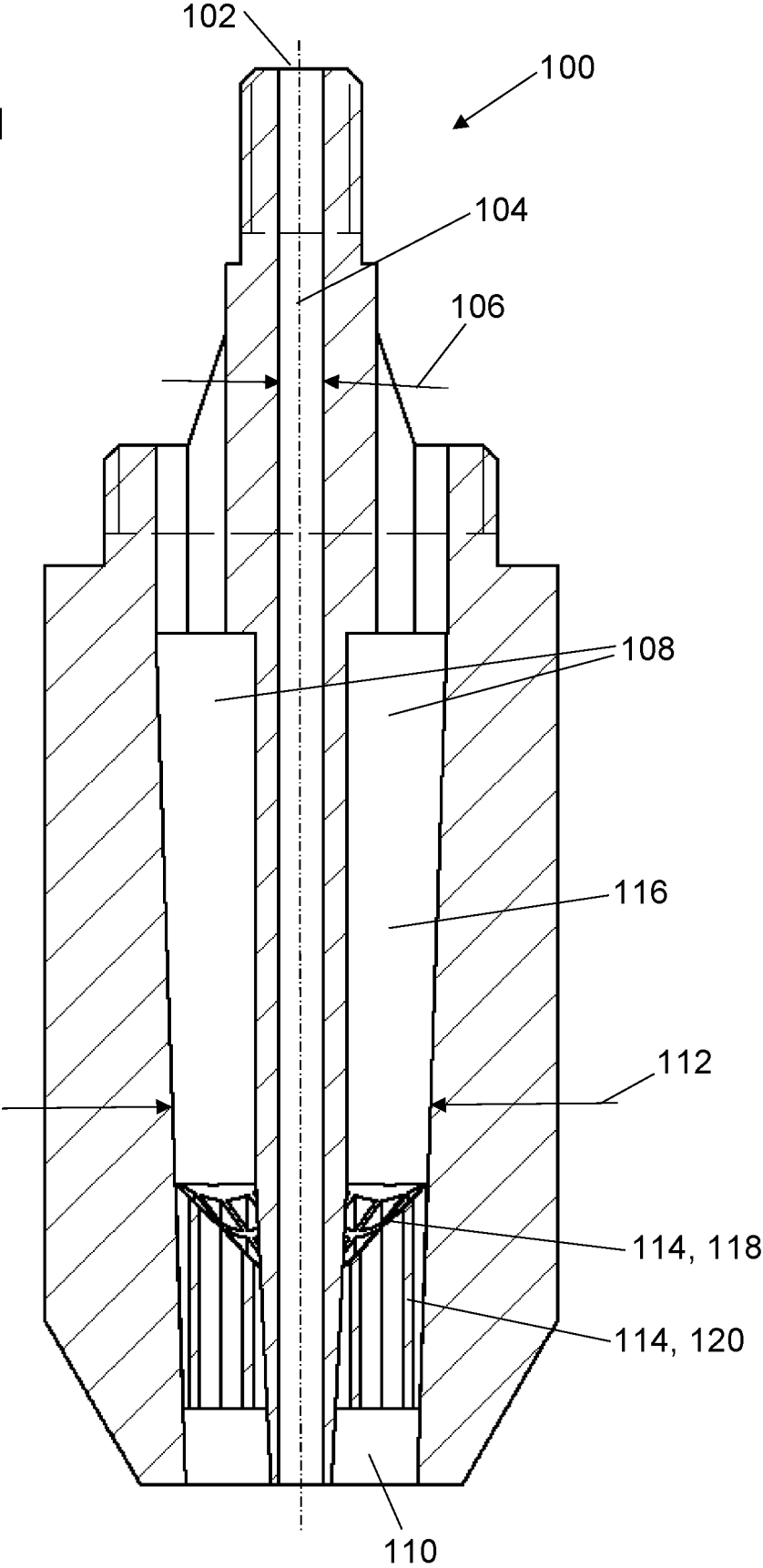
7. Mehrstoffdüse (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest einer von Fluidkanal (102) und Gaskanal (108) einen sich entlang einer Düsenachse (104) verjüngenden Querschnitt (112) aufweist.

8. Mehrstoffdüse (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mehrstoffdüse (100) weiterhin mindestens einen Düsenkanal aufweist, wobei die Düsenaustrittsöffnung (140) eine Austrittsöffnung des Düsenkanals ist, wobei der mindestens eine Fluidkanal (102) und der mindestens eine Gas-

kanal (108) in den Düsenkanal münden, insbesondere zum Vermischen des Fluides und des turbulent strömenden Gases in dem Düsenkanal.

9. Mehrstoffdüse (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei zumindest einer von Fluidkanal (102) und Gaskanal (108) entlang einer Düsenachse (104) versetzt zu zumindest einem anderen von Fluidkanal (102) und Gaskanal (108) in den Düsenkanal mündet. 5
10
10. Mehrstoffdüse (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mehrstoffdüse (100) mindestens zwei Düsenaustrittsöffnungen (140) umfasst, wobei eine der zumindest zwei Düsenaustrittsöffnungen (140) eine Austrittsöffnung des Gaskanals (108) ist, wobei eine andere der zumindest zwei Düsenaustrittsöffnungen (140) eingerichtet ist zum Austreten von zumindest dem Fluid, beispielsweise eines Gemischs aus dem turbulent strömenden Gas mit dem Fluid, aus der Mehrstoffdüse (100), wobei zumindest ein Kanal der Mehrstoffdüse (100) derart ausgestaltet ist, um ein Vermischen des aus den mindestens zwei Düsenaustrittsöffnungen (140) austretenden Fluides und/oder Gases außerhalb der Mehrstoffdüse (100) zu bewirken. 15
20
25
11. Mehrstoffdüse (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 10, wobei der Turbulenzgenerator (114) mehrere Lagen eines Turbulenzgitters (120) aufweist, insbesondere unterschiedlich geformter Turbulenzgitter (120). 30
12. Mehrstoffdüse (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mehrstoffdüse (100) einstückig und/oder monolithisch ausgebildet ist. 35
13. Mehrstoffdüse (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Gaskanal (108) und der Fluidkanal (102) in einem Bereich einer Düsen Spitze der Mehrstoffdüse (100) konzentrisch zueinander ausgebildet sind. 40
14. Mehrstoffdüse (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Gaskanal (108) und der Fluidkanal (102) in dem Bereich der Düsen Spitze einen Anstellwinkel zueinander aufweisen. 45
15. Verwendung einer Mehrstoffdüse (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche für eines oder mehreres von Benetzen, Schmieren, Kühlen, Erwärmen und Beschichten von mindestens einem Gegenstand, bei der Produktion von Materialien mittels Sprühtrocknung, der Nutzung im medizinischen Bereich, der Gasreinigung, dem Coating, Rauchgasreinigung, in Lackierprozessen, und als Brennerdüse. 50
55

Fig. 1



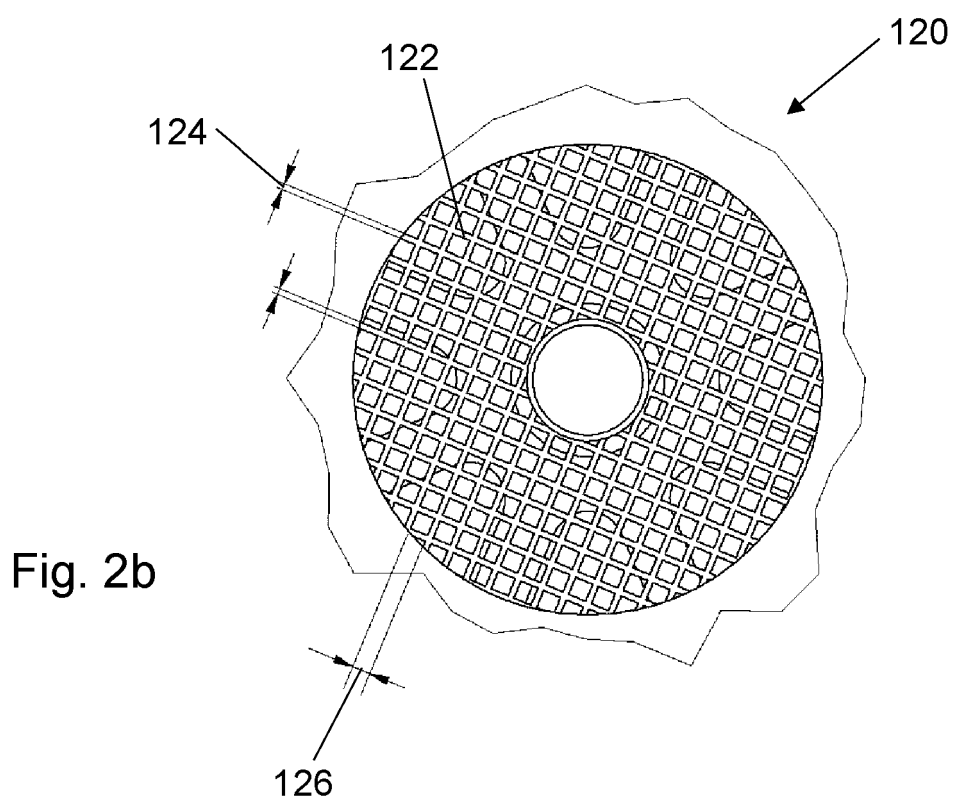
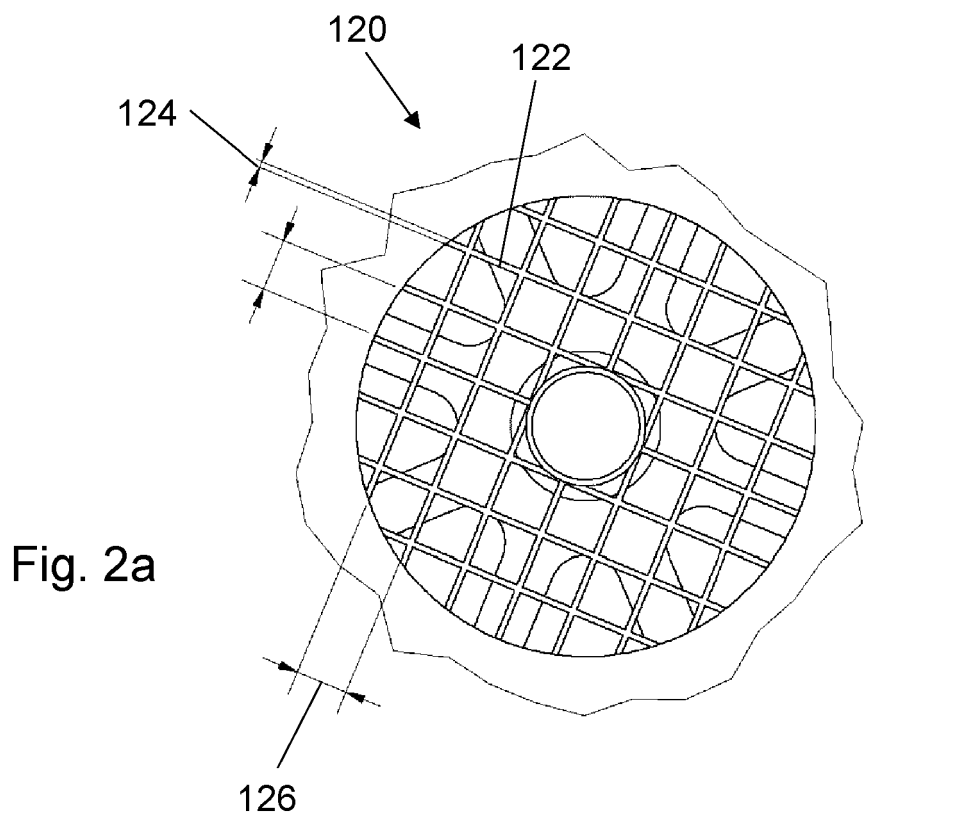


Fig. 3a

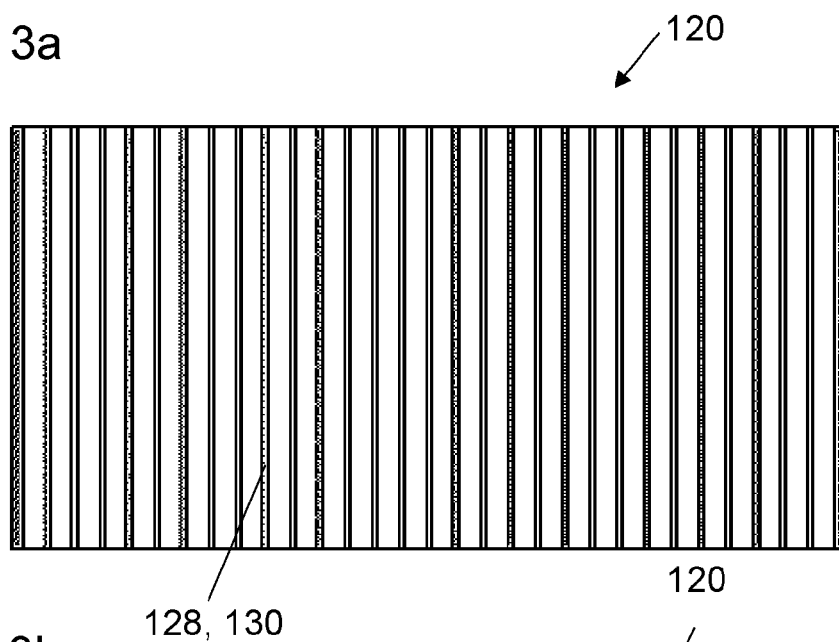


Fig. 3b

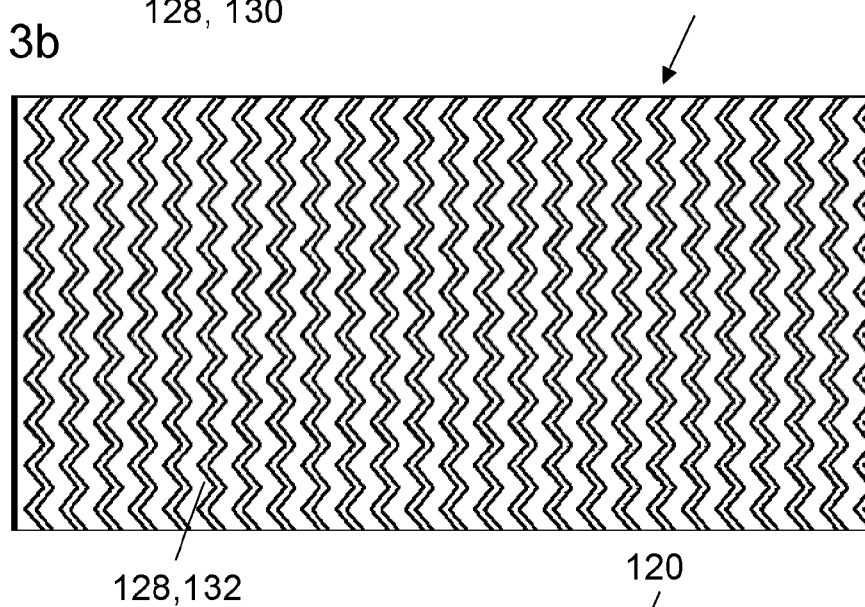


Fig. 3c

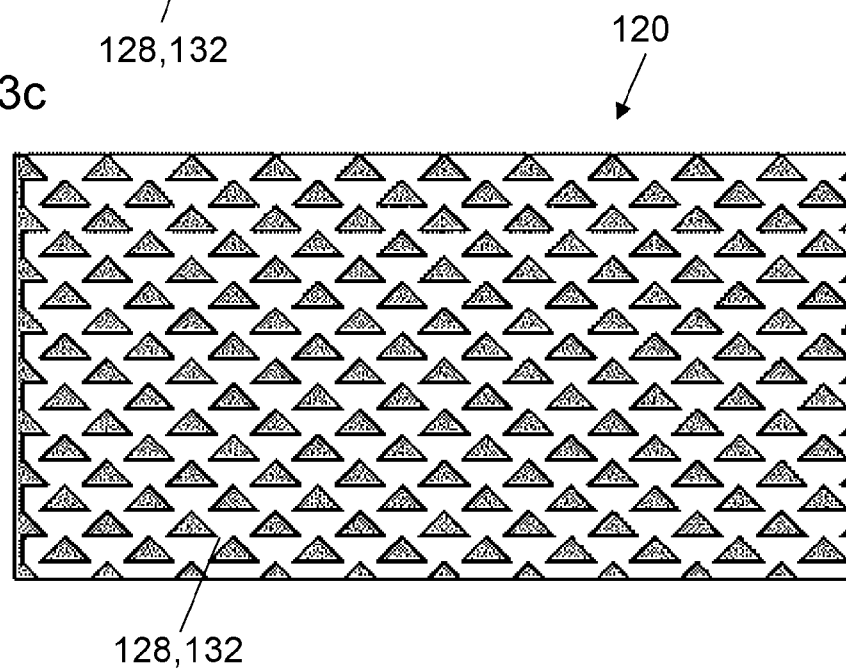


Fig. 3d

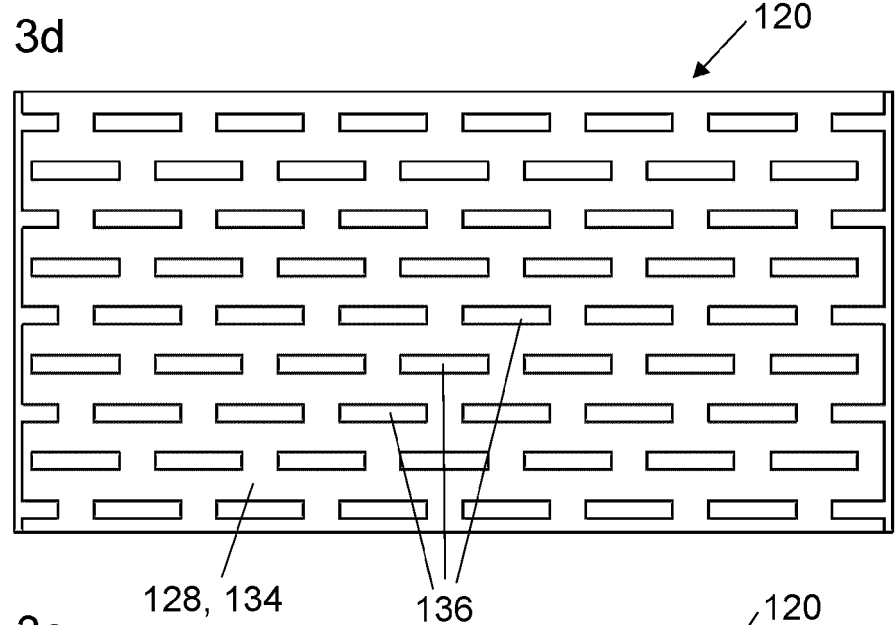


Fig. 3e

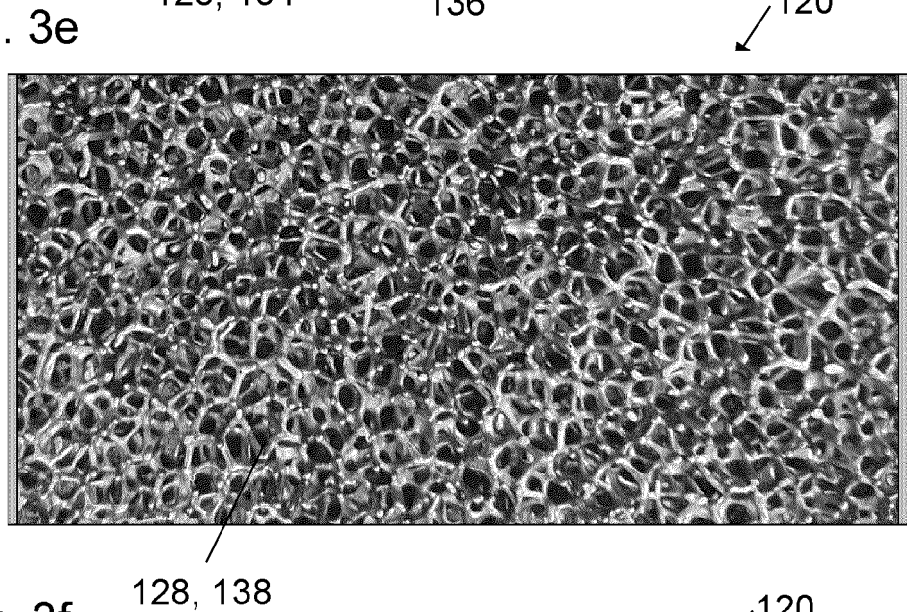


Fig. 3f

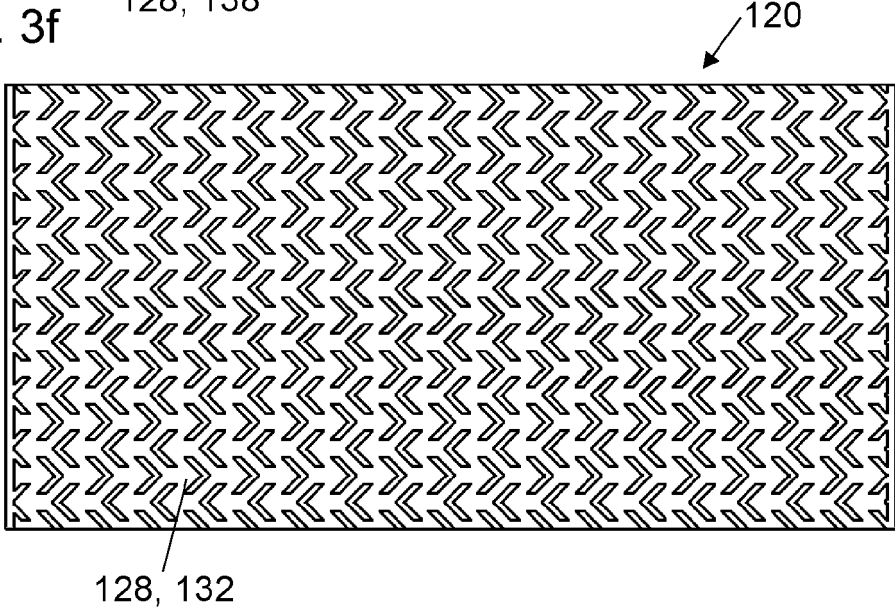


Fig. 4

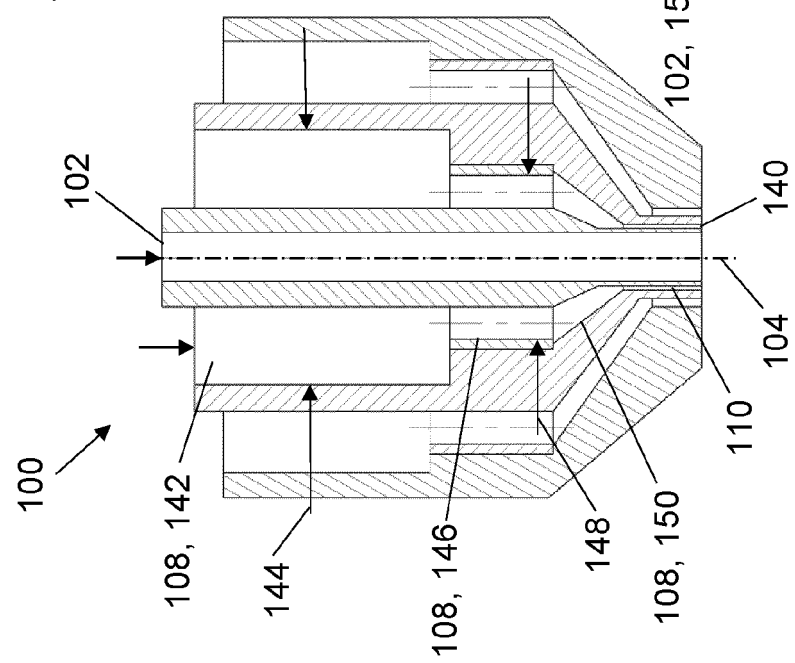


Fig. 5

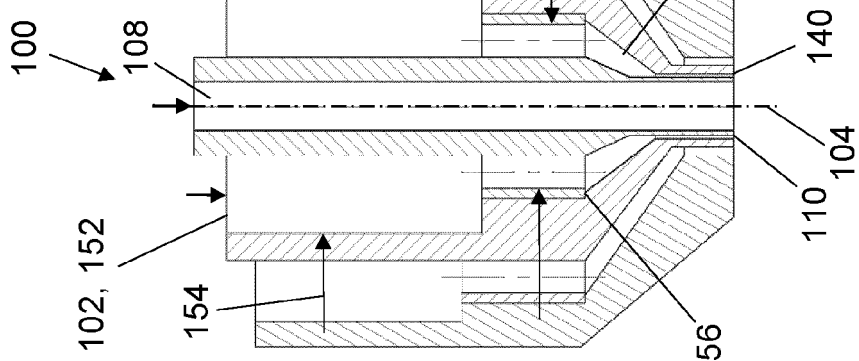
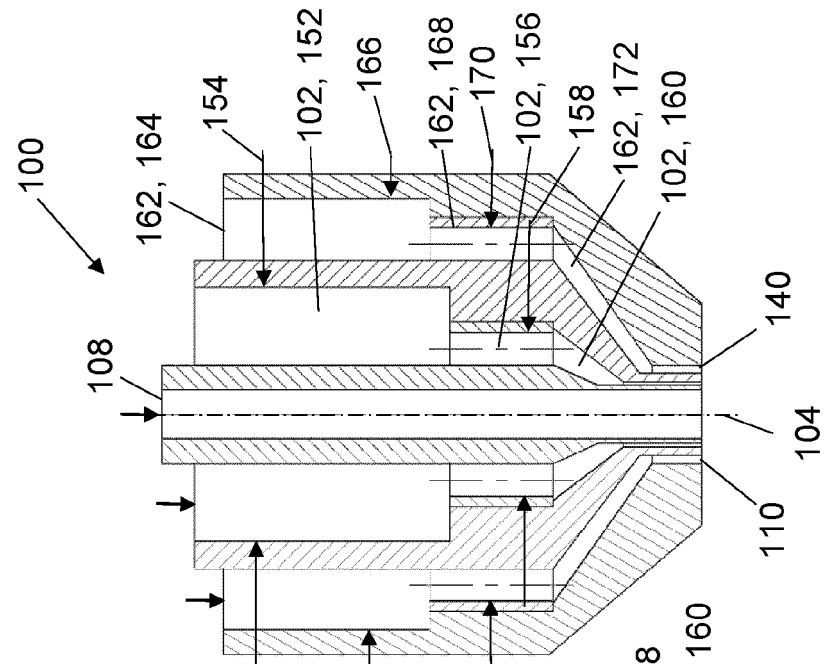


Fig. 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 25 18 9960

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2007 013628 A1 (WURZ DIETER [DE]) 25. September 2008 (2008-09-25)	1,2, 6-10, 12-15	INV. B05B7/10 B05B7/06
Y	* das ganze Dokument *	3-5,11	B05B1/34
X	DE 196 51 646 C2 (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 11. Juli 2002 (2002-07-11)	1-4,6-15	
Y	* Abbildungen 1-5 *	2-5,11	
Y	US 6 007 055 A (SCHIFFTNER KENNETH C [US]) 28. Dezember 1999 (1999-12-28) * Abbildungen 1A, 1B *	2-5,11	
X	US 2021/308701 A1 (FRÜHAUF PETER [DE] ET AL) 7. Oktober 2021 (2021-10-07)	1,6,7, 12-15	
Y	* Abbildung 7 *	2-5,11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		24. November 2025	Rente, Tanja
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 25 18 9960

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-11-2025

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102007013628 A1	25-09-2008	KEINE	

DE 19651646 C2	11-07-2002	DE 19651646 A1	25-06-1998
		FR 2757216 A1	19-06-1998
		US 6050085 A	18-04-2000

US 6007055 A	28-12-1999	AU 2207699 A	19-07-1999
		CA 2254485 A1	29-06-1999
		EP 1042058 A1	11-10-2000
		US 6007055 A	28-12-1999
		WO 9933557 A1	08-07-1999

US 2021308701 A1	07-10-2021	CN 112543672 A	23-03-2021
		DE 102019005052 A1	06-02-2020
		EP 3829750 A1	09-06-2021
		US 2021308701 A1	07-10-2021
		WO 2020025381 A1	06-02-2020

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82