



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.06.2023 Patentblatt 2023/25

(21) Anmeldenummer: **22214712.6**

(22) Anmeldetag: **19.12.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B05B 1/12 (2006.01) B05B 1/34 (2006.01)
B05B 9/03 (2006.01) B05B 12/08 (2006.01)
B05B 1/30 (2006.01) B08B 9/08 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B05B 1/12; B05B 1/3006; B05B 1/3426;
B05B 1/3484; B05B 9/035; B05B 12/088;
B08B 3/02

(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:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **17.12.2021 DE 102021133674**

(71) Anmelder: **Technische Universität Dresden**
01067 Dresden (DE)

(72) Erfinder:
• **PARSCHAT, Lisa**
01189 Dresden (DE)
• **KÖHLER, Dr. Hannes**
01159 Dresden (DE)
• **KRICKE, Sebastian**
01099 Dresden (DE)
• **FUCHS, Dr. Enrico**
01705 Freital (DE)

(74) Vertreter: **Gottfried, Hans-Peter**
Patentanwalt
Messering 8f
01067 Dresden (DE)

(54) **DÜSE MIT EINSTELLBARER STRAHLGEOMETRIE, DÜSENANORDNUNG UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER DÜSE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur einstellbaren Beeinflussung eines Fluids beim Übertritt aus einem Düsenaustritt (4), in die eine erste Fluidleitung (8) in einer Achsrichtung (9) und eine zweite Fluidleitung (10) in einer Zylinderwand der Drallkammer (6) eintreten. Eine erste Fluidströmung (12) strömt in axialer Richtung zu dem Düsenaustritt (4) hin und eine zweite Fluidströmung (14) tritt in die Drallkammer (6) ein. Die Vereinigung beider Fluidströmungen (12, 14) in der Drallkammer (6) bewirkt unterschiedliche Strahlgeometrien, die zwischen einem linearen Vollstrahl (32) und einem kegelförmigen Spray (30) variieren. Nach der Erfindung weist die erste Fluidleitung (8) ein Ventil (20, 22, 24) zur Einstellung des Volumenstroms auf. Die Querschnitte der ersten Fluidleitung (8) und der Drallkammer (6) stimmen überein und sind entlang der Achsrichtung (9) konstant. Alternativ weisen die Querschnitte der ersten Fluidleitung (8) und der Drallkammer (6) ein Durchmesser Verhältnis zwischen 1,5 und 0,5 auf. Nach einer weiteren Alternative sind die Querschnitte der ersten Fluidleitung (8) und der Drallkammer (6) über einen strömungsstetigen Eintrittsbereich (7) mit einem Neigungswinkel β , β' verbunden, bei dem die Fluidströmung (12) sich nicht von der Wand ablöst. Die Erfindung betrifft auch eine Düsenanordnung mit wenigstens zwei Düsen.

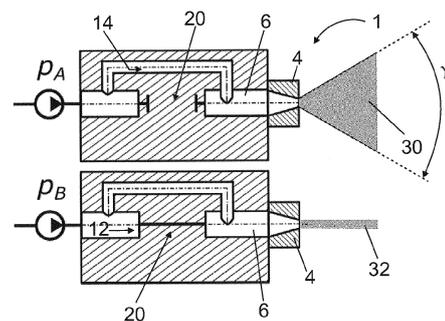


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur einstellbaren Beeinflussung eines Fluids beim Übertritt in den freien Raum aus einem Düsenaustritt, insbesondere eine Düse mit einstellbarer Strahlgeometrie, umfassend eine erste Fluidleitung, wenigstens eine zweite Fluidleitung, eine Drallkammer, in die die erste Fluidleitung zentral in Achsrichtung und die wenigstens eine zweite Fluidleitung in einer Zylinderwand der Drallkammer auf einer tangentialen Ebene in einem von einer Achsrichtung abweichenden Eintrittswinkel eintreten, um eine mit Drall behaftete Strömung zu erzeugen, die in Richtung Düsenaustritt orientiert ist, wobei eine erste Fluidströmung in der ersten Fluidleitung in axialer Richtung zu einem Düsenaustritt hin strömt und wenigstens eine zweite Fluidströmung in der wenigstens einen zweiten Fluidleitung an der Zylinderwand in die Drallkammer eintritt, wobei die Vereinigung beider Fluidströmungen in der Drallkammer bewirkt, dass in Abhängigkeit von der Differenz zwischen den Volumenströmen der ersten Fluidströmung und der zweiten Fluidströmung unterschiedliche Strahlgeometrien in den freien Raum aus dem mit der Drallkammer verbundenen Düsenaustritt austreten, die zwischen einem linearen Vollstrahl und einem kegelförmigen Spray variierbar sind. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Düsenanordnung, die wenigstens zwei Düsen umfasst, sowie Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur einstellbaren Beeinflussung eines Fluids.

[0002] In vielen industriellen Prozessen werden hydraulische Sprühdüsen genutzt, wie z. B. für Reinigungs-, Beschichtungs- oder Kühlvorgänge. Je nach gewählter Düsengeometrie lassen sich verschiedene Strahlformen erzeugen. Während eine Vollstrahlgeometrie einen kohärenten Vollstrahl erzeugt, der in einem kleinen Bereich große mechanische Kräfte und Masseströme ermöglicht, kann mit einer Zerstäubungsdüse ein Tropfenspray, nachfolgend kurz Spray genannt, realisiert werden, das eine verhältnismäßig große Fläche in kurzer Zeit benetzt. Zerstäubungsdüsen besitzen üblicherweise eine Geometrie, die eine Erhöhung der Turbulenz und/oder die Erzeugung eines Dralls in der Strömung verursacht, so dass ein Zerfall des Strahls herbeigeführt werden kann, wenn dieser den Düsenaustritt verlässt. Maßnahmen zur Steigerung der Turbulenz sind beispielsweise starke Strömungsumlenkung, abrupte Querschnittsänderungen oder eine Kollision von mehreren Teilströmungen nahe des Düsenaustritts. Ein Drall hingegen kann durch Dralleinsätze oder eine in eine Drallkammer tangential eingeleiteten Strömung erzeugt werden. Eine durch Drall verursachte Zerstäubung ermöglicht gleichmäßigere Sprays mit kleineren Tropfen als eine durch Turbulenz verursachte Zerstäubung. Vollstrahldüsen sind dem gegenüber so gestaltet, dass der austretende Vollstrahl auf eine möglichst große Distanz zusammenhängend bleibt. Dies kann z. B. durch strömungsgünstige Düsengeometrien und das Vermeiden abrupter Querschnittsänderungen realisiert werden.

[0003] Weil die Strahlformen verschiedene, zum Teil gegensätzliche Eigenschaften aufweisen, ist ein bedarfsgerechter Wechsel der Strahlform für Prozesse mit insbesondere veränderlichen Prozessbedingungen und Anforderungen sinnvoll, um den Prozess effizient zu gestalten. Es bestehen zum Beispiel Potenziale bei der Reinigung von Behältern in der industriellen Lebensmittelproduktion oder bei der Reinigung von Bau- und Fahrzeugteilen, bei denen Verschmutzungen mit häufig wechselnden und inhomogenen Eigenschaften gereinigt werden müssen. Hierbei werden bewegliche, z. B. rotierende, Reinigungsgeräte genutzt, für die ein bedarfsgerechter Wechsel der Strahlform vorteilhaft sein kann.

[0004] Bisher kommen jedoch in der Regel unveränderliche Düsengeometrien zum Einsatz, die keinen Wechsel zwischen Spray und Vollstrahl erlauben oder zusätzliche Steuerleitungen benötigen, um die notwendigen Schalt- bzw. Verstellvorgänge zu ermöglichen, was für insbesondere rotierende Systeme problematisch ist. Auf einen Wechsel der Strahlform wird gegenwärtig meist verzichtet. Stattdessen wird die Strahlform auch in unterschiedlichen Prozessschritten und bei verschiedenen Aufgaben beibehalten. Der Prozess ist infolgedessen oft ineffizient, da ein übermäßig hoher Verbrauch der Ressourcen Zeit, Wasser und Reinigungsflüssigkeit resultiert.

[0005] Kann auf verschiedene Strahlformen nicht verzichtet werden, sind Prozesse oft mehrstufig gestaltet und es erfolgt eine bedarfsgerechte Umrüstung der Reinigungsgeräte für jeden Teilprozess. Dies erfordert einen hohen Zeit- und Personalaufwand zur Umrüstung der Düsen oder des ganzen Reinigungsgeräts und führt ebenfalls zu einem ineffizienten Prozess.

[0006] Weiterhin ist bekannt, neben einer axialen Strömung (Fluid) eine zweite Strömung (Fluid oder Luft) vor dem Düsenaustritt quer in die axiale Strömung einzuleiten, wodurch eine Zerstäubung hervorgerufen wird. Mit einer Zerstäubung, die durch eine Kollision von axialen und quer eingeleiteten Strömungen erzeugt wird, kann nicht die physikalische Zerstäubungscharakteristik einer Vollkegel- oder Hohlkegeldüse erreicht werden. Deren Zerstäubungscharakteristik beruht auf der Zerstäubung einer zuvor in Drall versetzten Strömung und weist keine Kollision mit axialen Strömungen auf. Dadurch kann eine gleichmäßige und feinere Zerstäubung realisiert werden. Dieses Konzept wird in den Druckschriften DE 100 09 573 A1, EP 1 885 910 B1 und WO 2004/056489 A1 verfolgt.

[0007] Aus der Druckschrift DE 27 33 102 A1 ist eine Lösung bekannt, bei der eine axiale und eine quer eingeleitete Strömung kollidieren, wobei die Querströmung explizit tangential eingeleitet wird, sodass ein Drall entsteht. Dabei werden zwei Ventile zum separaten Schalten der Strömungen vorgesehen. Wird nur der axiale Kanal geöffnet, tritt die Strömung als Vollstrahl aus; werden beide Kanäle geöffnet sind, entsteht ein Spray. Es werden zwei Ventile benötigt, um die Teilströme, wie in der Druckschrift vorgeschlagen, stufenlos einstellen zu kön-

nen, wodurch ein erhöhter Platzbedarf und konstruktiver Aufwand entstehen. Zwangsläufig muss auch bei dieser Lösung die tangential eingeleitete Strömung durch ein zusätzliches Ventil gesteuert werden, um die vorgesehenen Effekte zu erzielen.

[0008] Weiterhin ist eine Lösung aus der Druckschrift EP 0121877 B1 bekannt, bei der eine tangential eingeleitete Strömung, die einen Drall aufbaut, mit einer axial eingeleiteten Strömung, die den Drall vermindert, in einer Drallkammer kollidiert. Mithilfe von betätigbaren Ventilen, die zur Regulierung der Teilströme (und insbesondere auch der tangential eingeleiteten Strömung) dienen, lässt sich der Winkel des austretenden Sprays in Form eines Hohlkegels verändern. Gemäß vorgeschlagener Anwendung wird der Drall jedoch bei Überlagerung der Teilströme nicht vollständig eliminiert, so dass sich die resultierende Strahlform nicht vollständig ändern lässt, sondern nur der Sprühwinkel des hohlkegelförmigen Sprays variiert werden kann. Damit ist die beschriebene Düse nicht für Prozesse nutzbar, bei denen umfassend veränderliche Strahlformen benötigt werden.

[0009] Der Düsenaustritt ist nach einer weiteren bekannten Lösung in seinem Querschnitt veränderlich gestaltet und ermöglicht dadurch ein veränderbares Zerstäubungsverhalten, wenn zusätzliche Austrittsgeometrien geöffnet werden bzw. die Fläche der bestehenden Öffnung verändert wird. Eine Düse mit veränderlicher Düsenöffnung ist aufwändiger herzustellen, störungsanfälliger und stellt höhere Anforderungen an die technische Umsetzung und die Nutzung im Vergleich zu einer Düse mit unveränderlicher Austrittsöffnung. Damit verbunden ist ein erhöhter Aufwand in der hygienegerechten Gestaltung, Wartung, Einhausung und Komplexität der Baugruppe. Eine derartige Lösung wird in den Druckschriften DE 43 24 731 A1 und DE 10 2016 203 769 A1, wo auf die Veränderung des Volumenstroms abgezielt wird, DE 10 2005 013 127 B4, die eine Veränderung der Richtung des Sprühstrahls zum Gegenstand hat, sowie in den Druckschriften EP 0 724 913 A2 und EP 2 441 522 A2, gerichtet auf eine Änderung der Strahlform, beschrieben.

[0010] Die Druckschriften DE 102 34 872 A1 und DE 101 49 981 A1 weisen zwei Fluidleitungen auf, von denen eine steuerbar ist und die aus unterschiedlichen Winkeln in eine Drallkammer münden. Durch wechselweise Ansteuerung, aber auch durch den gemeinsamen Eintritt des Fluids aus beiden Fluidleitungen wird die aus der Düse austretende Strahlform variiert. Auch der axiale und tangentiale Eintritt der Fluidleitungen in die Drallkammer wird beschrieben (vgl. DE 101 49 981 A1, Fig. 2, Absätze [0018]-[0021]), jedoch weisen die axiale Zuleitung und die Drallkammer erhebliche Unterschiede im Durchmesser auf. Es sind mehrere Ventile, die zudem als 3/2-Wege-Ventile bzw. 3/3-Wege-Ventile ausgeführt sind, erforderlich, um den Wechsel der Strahlformen zu erreichen, zumindest ist in beiden Fällen keine Steuerung über die Beeinflussung der axialen Fluidleitung möglich. Jedenfalls entsteht der Strahl nur dann, wenn

die tangentiale Strömung blockiert ist und das axial eingeleitete Fluid möglichst störungs- und wirbelfrei die Drallkammer durchläuft, um als gerichteter Strahl die Düse zu verlassen. Eine Überlagerung der axialen Strömung mit der tangentialen Strömung zur Strahlerzeugung, d. h. ein Wechsel zwischen Spray und Strahl, ist nicht vorgesehen und führt lediglich, zu einer "Mischform" bzw. entsteht in dem Fall eine relativ störungsfreie Überlagerung von (Hohl-)kegelspray und Strahl und damit letztlich ein Vollkegelspray. Letzteres ist insbesondere dann möglich, wenn die Drallkammer deutlich größer ist, als die axiale Mündung, da die tangentiale Strömung die axiale Strömung an der Wand der Drallkammer relativ störungsfrei umströmen kann, ohne dass es zur Drallreduktion kommt.

[0011] Weitere Druckschriften, die Möglichkeiten zur Veränderung einer Strahlform beleuchten, sind die DE 10 2007 054 673 B4 mit der Beschreibung einer Bandschmiereinrichtung und/oder Reinigungs-Desinfektionsanlage, die GB 720 859 A mit der Beschreibung einer Feuerwehrröhre und die EP 0 927 562 A2 mit der Flachstrahlerzeugung mittels einer Hohlstrahldüse, ebenfalls für Feuerlöschzwecke. Bekannte Lösungen, bei denen Ventile eingesetzt werden, um eine Fluidströmung zu beeinflussen, sind aus den Druckschriften DE 102 59 563 A1, DE 10 2007 054 673 B4, EP 0 140 505 B1, CN 206701530 UU, EP 2 059 347 B1 und DE 27 33 102 A1 bekannt, ebenso aus den Druckschriften CN 108014935 BB und DE 100 09 573 A1. Dabei sind stets entweder in beiden Teilströmungen Ventile angeordnet, sodass zwei Ventile benötigt werden, oder das eine Ventil dient ausschließlich zur Beeinflussung der Querströmung, des Bypasses. Hierdurch wird die Ausführung des einen Ventils aufwändiger.

[0012] Dies trifft entsprechend auch auf die Druckschrift US 3 746 262 A zu, bei der die Drallwirkung des Fluids durch ein Abheben des *cup* 30 vom *annular seat* 46 im Sinne und in der Funktion eines schaltbaren Ventils beeinflusst wird, während die axiale Fluidströmung allein nicht bzw. nur gemeinsam mit der Querströmung durch das Ventil (gebildet aus O-Ring 22 und Ventilsitz 24) unterbrochen werden kann.

[0013] Zur Verstellung von Mechanismen oder Ventilsteuerungen werden häufig zusätzliche Steuerleitungen zur Signalübertragung benötigt oder müssen manuell betätigt werden. Dies wird in den Druckschriften DE 100 09 573 A1 und EP 0 927 562 A2 offenbart. Die Integration von Steuerleitungen oder die Umsetzung einer manuellen Verstellung erfordern bei ihrer technischen Umsetzung einen erhöhten Aufwand. Dies gilt insbesondere für technische Systeme, die beweglich bzw. rotierend arbeiten, die höhere Anforderungen bezüglich der Dichtheit (z. B. Strahlwasserschutz) aufweisen oder sich prozessbedingt oder aus Gründen des Arbeitsschutzes außerhalb der Reichweite für einen manuellen Eingriff befinden.

[0014] Eine weitere naheliegende und bereits praktizierte Lösung besteht im Einsatz von verschiedenen Dü-

sengeometrien nebeneinander. Die beiden verschiedenen Düsengeometrien liegen in ihrer Geometrie unveränderlich, separat und nebeneinander vor, sodass über eine zuvor verzweigte Leitung ein gleichzeitiger Betrieb von Spray und Vollstrahl möglich ist oder diese durch Ventile bzw. einen Mechanismus so geschaltet werden, dass das Fluid nur aus einer der beiden Düsengeometrien austritt und entweder ein Spray oder ein Vollstrahl erzeugt wird. Der gleichzeitige Parallelbetrieb verschiedener Düsen geht mit einem übermäßig hohen Verbrauch an Wasser und Reinigungsflüssigkeit einher. Die paarweise Ausführung einer Vollstrahl- und einer Zerstäubungsdüse sowie das optionale Ventilsystem sind raumfordernd, da deren Strahlachsen nicht identisch sind, sondern nebeneinander vorliegen. Dadurch wäre eine Relativverschiebung zwischen Düse und anvisiertem Ziel notwendig ist, wenn nacheinander beide Strahlformen auf dasselbe Ziel gerichtet werden sollen. Dies erhöht den Auslegungs- und Steuerungsaufwand hinsichtlich der lokalen Zielgenauigkeit.

[0015] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Düse, eine Düsenanordnung und ein Verfahren zum Betrieb der Düse anzubieten, um damit eine einfache Möglichkeit zur Steuerung der Strahlform des aus der Düse austretenden Fluids zu erreichen.

[0016] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zur einstellbaren Beeinflussung eines Fluids beim Übertritt in den freien Raum aus einem Düsenaustritt, umfassend eine erste Fluidleitung, wenigstens eine zweite Fluidleitung und eine Drallkammer. In die Drallkammer treten die erste Fluidleitung zentral in Achsrichtung und die wenigstens eine zweite Fluidleitung in einer Zylinderwand der Drallkammer auf einer tangentialen Ebene in einem von einer Achsrichtung abweichenden Eintrittswinkel ein. Dies erfolgt, um eine mit Drall behaftete Strömung zu erzeugen, die in Richtung Düsenaustritt orientiert ist. Eine erste Fluidströmung strömt in der ersten Fluidleitung in axialer Richtung zu einem Düsenaustritt hin. Wenigstens eine zweite Fluidströmung tritt in der wenigstens einen zweiten Fluidleitung an der Zylinderwand in die Drallkammer ein. Die Vereinigung beider Fluidströmungen in der Drallkammer bewirkt, dass in Abhängigkeit von der Differenz zwischen den Volumenströmen der ersten Fluidströmung und der zweiten Fluidströmung unterschiedliche Strahlgeometrien in den freien Raum aus dem mit der Drallkammer verbundenen Düsenaustritt austreten. Die Strahlgeometrien sind zwischen einem linearen Vollstrahl und einem kegelförmigen Spray variierbar. Das kegelförmige Spray tritt nach der bevorzugten Ausführungsform als Vollkegel aus dem Düsenaustritt, wobei nach einer alternativen Ausführungsform ein Hohlkegel vorgesehen ist.

[0017] Nach der Erfindung weist die erste Fluidleitung ein Ventil zur Einstellung des Volumenstroms der ersten Fluidströmung, der die Drallkammer erreicht, auf. Damit wird es möglich, durch ein einziges Ventil die Strahlform zu steuern und den Wechsel zwischen Vollstrahl und Spray zu initiieren. Es hat sich überraschend gezeigt,

dass die Beeinflussung der ersten Fluidströmung ausreicht, um den Wechsel zwischen Vollstrahl und Spray hervorzurufen. Eine zusätzliche Beeinflussung der zweiten Fluidströmung ist nicht erforderlich. Dadurch kann die erfindungsgemäße Vorrichtung als kompakte und einfache Düse mit einem einzigen Ventil ausgeführt werden. Das Ventil ist zudem vorzugsweise als ein einfaches ein 2/2-Wege-Ventil ausgeführt, das für die gewünschte Funktion ausreicht.

[0018] Weiterhin ist nach einer ersten Alternative vorgesehen, dass der Durchmesser des axialen Kanals, der ersten Fluidleitung, gleich dem Durchmesser der Drallkammer und der Querschnitt über die erste Fluidleitung und die Drallkammer hinweg, in Achsrichtung betrachtet, konstant ist. Dadurch wird die axiale Strömung nicht behindert und es werden keine geometriebedingten Turbulenzen oder Druckverluste beim bzw. bis zum Eintritt der axialen Strömung in die Drallkammer erzeugt. Nach einer zweiten Alternative sind die die Querschnitte der ersten Fluidleitung und der Drallkammer unterschiedlich und weisen ein Durchmesser Verhältnis, das Verhältnis des Durchmessers der ersten Fluidleitung zum Durchmesser der Drallkammer, zwischen 1,5 und 0,5, bevorzugt zwischen 1,3 und 0,7 oder besonders bevorzugt zwischen 1,1 und 0,9 auf.

[0019] Soweit die Querschnitte der ersten Fluidleitung und der Drallkammer unterschiedlich sind, ist es alternativ oder zusätzlich vorgesehen, dass die abweichenden Querschnitte der ersten Fluidleitung und der Drallkammer über einen strömungsstetigen Eintrittsbereich mit einem Neigungswinkel β bzw. β' verbunden sind. Das hat zur Folge, dass sich die erste Fluidströmung im Fall einer laminaren Strömungsart nicht von der Wand ablöst, sondern laminar an der Wand entlangströmt und dadurch den Drall der eintretenden zweiten Fluidströmung besonders effektiv und verlustarm eliminiert.

[0020] Der Grenzfall für die Durchmesser Verhältnisse an den Grenzen der oben angegebene Bereiche hängt bei weiterer Vergrößerung der Bereiche nicht mehr primär nur von dem Durchmesser Verhältnis zwischen der Drallkammer und der ersten Fluidleitung ab, sondern auch von der übrigen Düsengeometrie, die ebenfalls einen Einfluss hat, da auch andere geometrische Größen den Drall reduzieren bzw. zur Eliminierung beitragen können. Diese sind z. B.:

- Querschnittsfläche aller zweiten Fluidleitungen (je größer, desto stärker wird der Drall reduziert);
- Anzahl der zweiten Fluidleitungen (bei gleicher Querschnitts gesamtfläche reduziert eine zweiten Fluidleitung den Drall stärker als zwei zweite Fluidleitungen);
- Eintrittswinkel α - Eintritt der zweiten Fluidleitung in die Zylinderwand der Drallkammer (je steiler der Eintrittswinkel α bzw. je näher an 90° , desto stärker wird der Drall reduziert im Vergleich zu flacherem Eintrittswinkel α , z. B. 60°);
- Länge des Abschnitts an der Düsenmündung mit

kleinstem Durchmesser (je länger, desto mehr Reibung mit der Wand und desto stärker wird der Drall reduziert);

- Durchmesser des Düsenaustritts (je kleiner, desto stärker beeinflusst die Wandreibung die austretende Strömung und desto stärker wird Drall reduziert).

[0021] Der Wert des Sprühwinkels γ ist ein Indiz dafür, wie stark der Drall bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen (Druck etc.) auf dem Weg durch die Düse reduziert wurde: Je kleiner der Winkel beim Austritt ausfällt, desto stärker wurde der Drall im Düseninneren reduziert.

[0022] Das heißt, für eine Düse mit kleinem Durchmesser des Düsenaustritts wird der Drall schon allein durch diesen stark reduziert, sodass auch ein eher ungünstiges Durchmesser Verhältnis für Drallkammer zur ersten Fluidleitung von geschätzt beispielsweise 0,3 dazu führt, dass der Drall beim Zuschalten der ersten Fluidleitung trotzdem vollständig eliminiert wird, was bei einem größeren Austrittsdurchmesser nicht der Fall gewesen wäre. Ein kleiner Düsenaustrittsdurchmesser führt daneben zu einem insgesamt kleineren Sprühwinkel γ beim Spraybetrieb, der dann in Kauf genommen werden muss. Alle oben angegebenen geometrischen Größen beeinflussen damit den Drall sowohl im Strahl- als auch im Spraybetrieb, unabhängig von der Ventilstellung.

[0023] Die erfindungsgemäßen Merkmale, das Durchmesser Verhältnis von Drallkammer zur ersten Fluidleitung bzw. der strömungsstetige Übergang, haben hingegen nur einen drallvermindernden Einfluss im Strahlbetrieb, da nur hier die erste Fluidleitung geöffnet ist. Das heißt, dadurch kann die restliche Düsengeometrie günstig gestaltet werden, so dass der Drall kaum reduziert wird und große Sprühwinkel ermöglicht werden, wenn das Spray austritt. In der Folge wird es möglich, eine große Fläche zu besprühen und kleinere, feinere Tropfen zu erzeugen, die zu einem besserem Benetzungsverhalten führen.

[0024] Auch wenn die Dralleliminierung bei einer laminaren Strömung besonders effizient zu erreichen ist, die darüber hinaus Druckverluste minimiert, hat sich überraschend gezeigt, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung auch dann noch den Wechsel zwischen Spray und Vollstrahl erreicht, wenn keine laminare Strömung mehr vorliegt. Bei höheren Drücken kommt es zu größeren Strömungsgeschwindigkeiten im Düseninneren, sodass die kritische Reynoldszahl überschritten wird und die Strömung turbulent wird. Die Dralleliminierung findet auch im Bereich der turbulenten Strömungen statt, wobei ein erfolgreicher Wechsel zum Vollstrahl vollzogen wird. Das Verhindern einer Strömungsablösung, bei der Turbulenzen entstehen, ist zwar vorteilhaft, aber nicht zwingend erforderlich für die Dralleliminierung.

[0025] Zusammengefasst erfolgt die Dralleliminierung somit zuverlässig unter allen drei Grundkonstellationen:

- Variante 1: konstante Querschnitte (entspricht ei-

nem "Neigungswinkel=0°" beim Übergang der ersten Fluidleistung in die Drallkammer);

- Variante 2: Querschnittsverhältnis erste Fluidleistung/Drallkammer mit sprunghaftem Übergang im Verhältnis 0,5... 1,5, vorzugsweise 0,7... 1,3;
- Variante 3: Übergang der ersten Fluidleistung in die Drallkammer mit dem Neigungswinkel β , β' .

[0026] Nach der bevorzugten Ausführungsform tritt aus dem Düsenaustritt der Vollstrahl aus, wenn das Ventil die erste Fluidleitung freigibt. Aus dem Düsenaustritt tritt hingegen das Spray aus, wenn das Ventil die erste Fluidleitung sperrt, sodass nur die wenigstens eine zweite Fluidströmung in die Drallkammer eintritt.

[0027] Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn das Ventil entsprechend dem Fluiddruck, der am Eingang des Ventils, an dessen zum Fluidanschluss hin weisenden Seite, anliegt. Es arbeitet druckabhängig und ist entweder in einem ersten Fluiddruckbereich in Bezug auf einen engen Schaltpunktdruck oder einen breiteren Übergangsbereich (dem "ersten Fluiddruckbereich" zuzuordnen) des Ventils geöffnet und in einem zweiten Fluiddruckbereich geschlossen oder umgekehrt, indem es in dem ersten Fluiddruckbereich geschlossen und in dem zweiten Fluiddruckbereich geöffnet ist. In der Folge entstehen beispielsweise bei geringen Drücken unterhalb des Schaltpunktdrucks ein Spray und bei hohen Drücken oberhalb des Schaltpunktdrucks ein Vollstrahl oder umgekehrt. Das Ventil kann jedenfalls so ausgeführt sein, dass es am Schaltpunktdruck bei Erhöhung des Fluiddrucks öffnet und bei Absinken des Fluiddrucks unter den Schaltpunktdruck schließt oder umgekehrt.

[0028] Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform mit einem Ventil, das stets beim gleichen Druck öffnet und schließt, es also keine Hysterese gibt, und bei der das Ventil von einem ersten Fluiddruck an, der kleiner ist als der Schaltpunktdruck des Ventils, und in dem gesamten ersten Fluiddruckbereich geschlossen ist, während es von einem zweiten Fluiddruck an, der größer ist als der Schaltpunktdruck des Ventils, und in dem gesamten zweiten Fluiddruckbereich geöffnet ist. Alternativ hierzu ist eine Ausführungsform vorgesehen, bei der der erste Fluiddruck bzw. Fluiddruckbereich höher ist als der zweite.

[0029] Alternativ wird zwischen dem ersten Fluiddruckbereich und dem zweiten Fluiddruckbereich ein Übergangsbereich mit einem teilweise geschlossenen Ventil anstelle des Schaltpunktes ausgebildet. In dem Übergangsbereich bildet sich ein kegelförmiges Spray aus.

[0030] Das Ventil kann in unterschiedlichen Ausführungen zum Einsatz kommen, die in unterschiedliche Funktionsgruppen nach Art der Vorspannung (pneumatisch, hydraulisch, mechanisch, inhärent), den Materialeigenschaften eines Schließkörpers (elastisch, starr, kompressibel, inkompressibel) und der Geometrie (membranförmig, ausgeführt als Klappe, Schieber, Nadel oder Zylinder) unterteilt werden können. Eine Kom-

bination der Funktionsgruppen ermöglicht eine Vielzahl von Ausführungsformen des Ventils.

[0031] Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist das Ventil als ein pneumatisch vorgespanntes Membranventil ausgebildet, das einmalig vor Betrieb zur Festlegung eines Schaltpunkt-drucks mit Druckluft befüllt und dann abgeriegelt wird. Dies ist besonders vorteilhaft, weil eine variable Anpassung der Funktion durch Änderung des pneumatischen Drucks, damit des Schaltpunkt-drucks, im einfachsten Fall des Luftdrucks, der gegen die Membran im Ventil wirkt, erzielt werden kann. Der Schaltpunkt-druck des Ventils kann damit besonders komfortabel eingestellt werden.

[0032] Alternativ hierzu ist das Ventil als ein mit mechanischer Federanordnung, die auf einen starren Schließkörper (wie z. B. eine Klappe, einen Schieber, eine Nadel oder einen Zylinder) wirkt, vorgespanntes Ventil ausgebildet. Darüber hinaus kann auch ein elastischer Schließkörper, wie ihn z. B. eine Membran verkörpert, zum Einsatz kommen. Eine weitere, besonders einfache und robuste Alternative ist ein Ventil, das als kompressibler, elastischer Körper ausgeführt ist. Weitere Ausführungsformen umfassen starre Schließzylinder, die pneumatisch vorgespannt sind, bewegt werden und als Ventil fungieren.

[0033] Alternativ weist das Ventil anstelle einer mechanischen Federanordnung ein einander anziehendes Permanentmagnetenpaar auf, das auf einen starren oder flexiblen Schließkörper wirkt. Der Fluiddruck p überwindet zum Öffnen des Ventils die Magnetkraft, sodass die erste Fluidströmung hindurch und in die Drallkammer eintreten kann. Anstelle mit einem Permanentmagnetenpaar kann das Ventil auch mit einem einzelnen Magneten in Wechselwirkung mit einem ferromagnetischen Material ausgeführt werden. Der Magnet ist vorzugsweise ein Permanentmagnet, weil er eine sehr einfache Lösung darstellt. Stattdessen kann aber auch ein Elektromagnet zum Einsatz kommen.

[0034] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Eintrittswinkel α der zweiten Fluidleitung bzw. des zweiten Fluids zwischen 60° und 90° bezogen auf die Achsrichtung beträgt. Die bevorzugte Drallkammer ist außerdem zwischen dem Ort des Eintritts der wenigstens einen zweiten Fluidleitung und dem Düsenaustritt strömungstetig und ohne wesentliche, die Strömung beeinflussende und ohne sprunghafte Geometrie- bzw. Querschnittsänderungen ausgeführt. Der Querschnitt ist demnach im Wesentlichen konstant über die axiale Länge der Drallkammer.

[0035] Bei einer bevorzugten Ausführungsform gehen die erste Fluidleitung und die wenigstens eine zweite Fluidleitung aus wenigstens einer Verzweigung hervor, in der eine in die Düse über den Fluidanschluss eintretende Fluidströmung in Teilströme, die erste Fluidströmung und wenigstens eine zweite Fluidströmung, aufgeteilt wird. Die wenigstens eine Verzweigung ist vor dem Ventil, also zwischen Fluidanschluss und Ventil, angeordnet. Damit ist nur ein Fluidanschluss notwendig und es müs-

sen nicht mehrere Fluidleitungen zu dem Ventil geführt werden und dieses wird zugleich kompakter und einfacher im Aufbau.

[0036] Vorzugsweise besitzt die erste Fluidleitung einen größeren Querschnitt als die zweite Fluidleitung. Damit und vor allem mit dem Verhältnis der Querschnitte beider Fluidleitungen wird bestimmt, dass die erste Fluidströmung als Vollstrahl den Düsenaustritt verlässt, ohne von der zweiten Fluidströmung in der Drallkammer beeinträchtigt zu werden. Die Berücksichtigung der Querschnitte ist eine Voraussetzung dafür, dass das Umschalten zwischen beiden Strahlformen allein mit einem einzigen Ventil im Sinne der Erfindung erreicht werden kann.

[0037] Es hat sich überraschend gezeigt, dass der Düsenaustritt als bekannter und üblicherweise verwendeter Vollstrahldüsenaustritt ausgebildet sein kann. Dieses Bauteil kann daher als standardisiertes, günstig verfügbares Bauteil in der erfindungsgemäßen Vorrichtung verbaut werden, ohne dass ein Spezialteil für den Düsenaustritt angefertigt werden muss. Darüber hinaus hat sich aber gezeigt, dass mit verschiedenen abweichenden Düsengeometrien zusätzliche Effekte erzielt werden können.

[0038] Als geeignete Düsengeometrie hat sich ein verjüngender und anschließend entlang eines Radius erweiternder Querschnitt erwiesen, ähnlich dem Schallstück einer Trompete, nachfolgend als Radiusdüsenaustritt bezeichnet. Eine weitere geeignete Düsengeometrie weist einen verjüngenden und sich anschließend entlang einer Fase erweiternden Querschnitt auf, ähnlich einer Senkbohrung, nachfolgend als Fasendüsenaustritt bezeichnet. Bei diesen Düsengeometrien löst sich der Vollstrahl an der Stelle mit dem kleinsten Querschnitt von der Wand ab und tritt weiterhin als Vollstrahl mit geringfügigen Einbüßen an Stabilität aus, während das Spray durch Entlanggleiten an der sich im Querschnitt nochmals erweiternden Austrittsgeometrie, Radius oder Fase, einen noch größeren Sprühwinkel erreichen kann.

[0039] Vorzugsweise ist die Vorrichtung als eine Reinigungsdüse ausgeführt und zur Abgabe einer Reinigungsflüssigkeit vorgesehen. Wie eingangs erläutert, ist gerade bei Reinigungsvorgängen häufig ein Wechsel der Strahlform notwendig, um effizient und mit hoher Wirksamkeit reinigen zu können.

[0040] Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin gelöst durch eine Düsenanordnung, die wenigstens zwei Düsen der zuvor beschriebenen Art umfasst. In diese tritt ein Fluid über einen zumindest strömungstechnisch mit einer Zuleitung verbundenen Fluidanschluss oder alternativ über separate Fluidanschlüsse mit jeweils einstellbarem Fluiddruck in jeder Zuleitung zu einer der Düsen ein.

[0041] Nach der Erfindung sind wenigstens zwei der Düsen Vorrichtungen, wie sie zuvor beschrieben wurden, und weisen Ventile mit jeweils separat einstellbaren Schaltpunkt-drücken auf, die auch unterschiedlich eingestellt sein können, um die gewünschte Funktion zu erreichen. In der Folge können die Ventile in Abhängigkeit

vom anliegenden Fluiddruck unterschiedlich geschaltet werden. Der Austritt des Vollstrahls und des kegelförmigen Sprays kann in der Weise variiert werden, dass alle oder ein Teil der Vorrichtungen den linearen Vollstrahl oder das Spray abgeben.

[0042] Bei einer solchen Anwendung mehrerer Düsen im Parallelbetrieb wird ein vom Druck der Betriebsflüssigkeit, dem Fluid, gesteuertes Ventil eingesetzt und mehrere Düsen werden an eine Druckleitung, die Fluidleitung, angeschlossen. Damit können verschiedene Betriebszustände realisiert werden. Wenn alle Düsen den gleichen Schaltpunkt aufweisen, können alle Düsen entweder das Spray oder den Vollstrahl erzeugen. Wenn die einzelnen Düsen verschiedene Schaltpunkte aufweisen, gibt es zusätzliche Betriebszustände, bei denen Spray und Vollstrahl gleichzeitig mit verschiedenen Düsen erzeugt werden (Hybridbetrieb). Dabei ist nur eine Steuerleitung (die Fluidleitung) notwendig, um den gewünschten Betriebszustand gezielt einzustellen. Das Gesamtsystem ist dadurch noch flexibler einsetzbar.

[0043] Damit können beispielsweise unterschiedliche Reinigungsprozesse oder, im Fall von unterschiedlichen Zuleitungen, sogar die Anwendung verschiedener Reinigungsmittel zeitgleich vollzogen werden. Wenn die Ventile als pneumatisch vorgespannte Membranventile ausgebildet sind, können die unterschiedlichen Schaltpunktdrücke variabel und bedarfsgerecht voreingestellt und auch später noch verändert werden.

[0044] Eine weitere Lösung der Aufgabe der Erfindung besteht in einem Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur einstellbaren Beeinflussung eines Fluids beim Übertritt in den freien Raum aus einem Düsenaustritt, wie sie zuvor beschrieben wurde. Der Verfahrensablauf umfasst zwei unterschiedliche Einstellungen bzw. Prozessstufen.

[0045] Nach der Erfindung tritt in der ersten Einstellung der lineare Vollstrahl aus, indem das erste Fluid das geöffnete Ventil passiert und zusammen mit der zweiten Fluidströmung in die Drallkammer eintritt. Dabei hat sich überraschenderweise gezeigt, dass der Einfluss der zweiten Strömung in der Drallkammer nicht zur Zerstörung des Vollstrahls führt. Die Kollision der Fluidströmungen und die Gestaltung der Düsengeometrie im Übrigen, insbesondere die Verjüngung im Düsenaustritt, führen dazu, dass der durch die zweite Fluidströmung eingebrachte Drall im nachfolgenden Düsenabschnitt stark verringert wird und die Strömung letztlich als Vollstrahl austritt. Eine zusätzliche Beeinflussung der zweiten Fluidströmung kann daher unterbleiben, was zu einer erheblichen Vereinfachung führt.

[0046] In der zweiten Einstellung tritt das kegelförmige Spray aus, indem die erste Fluidströmung durch das geschlossene Ventil gehindert wird, in die Drallkammer einzutreten und dort die Ausbildung des Dralls der zweiten Fluidströmung zu stören. Durch den Drall, den die zweite Fluidströmung erfährt, kommt es zur Bildung des Sprays als der gewünschten Strahlform am Düsenaustritt.

[0047] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das

geschlossene Ventil an einem Schaltpunktdruck bei Erreichen eines Öffnungsdruckbereichs öffnet und das geöffnete Ventil bei Erreichen eines Schließdruckbereichs der ersten Fluidströmung geschlossen wird. In dem Zwischenbereich zwischen dem Öffnungsdruckbereich und dem Schließdruckbereich, wobei der Zwischenbereich den Schaltpunktdruck definiert, vollzieht sich der Prozess des Umschaltens des Ventils von der geschlossenen Stellung in die geöffnete Stellung oder umgekehrt. Demnach vollzieht sich der Prozess des Umschaltens bei Erreichen eines Öffnungsdruckbereichs bzw. bei Erreichen eines Schließdruckbereichs, je nach Änderungsrichtung des Fluiddrucks. Vom Erreichen des Öffnungsdruckbereichs an ist das Ventil bei ansteigendem Fluiddruck geöffnet und umgekehrt, bei sinkendem Fluiddruck, vom Erreichen des Schließdruckbereichs an geschlossen. Dies gilt, wenn der Öffnungsdruckbereich über dem Schließdruckbereich liegt, anderenfalls ist das Verhalten umgekehrt. Damit werden in Abhängigkeit vom Fluiddruck, der an dem drucksensitiven Ventil anliegt, wie oben beschrieben, über die Steuerung der ersten Fluidströmung letztlich die erste und die zweite Einstellung der Strahlform erreicht.

[0048] Der Zwischenbereich zwischen dem Öffnungsdruckbereich und dem Schließdruckbereich ist sehr klein, weshalb die aus dem Zwischenbereich resultierende minimale Hysterese vernachlässigt und der kleine Zwischenbereich als Schaltpunkt betrachtet werden kann. Beispielhaft sei der Niederdruckbereich von $p=1,0$ bar bis $p=6,0$ bar genannt, der für die industrielle Reinigung bei der Konsumgüterproduktion primär relevant ist. In diesem Bereich schaltet das Membranventil bei einer Druckänderung des Fluids von $p=0,1$ bar, also in einem sehr kleinen Zwischenbereich bezogen auf den gesamten Arbeitsbereich, der somit als Schaltpunkt bzw. auf den Fluiddruck bezogen als Schaltpunktdruck angesehen wird. Bevorzugt ist demnach eine Variante, bei der keine Hysterese auftritt und der Schließdruckbereich unmittelbar an den Öffnungsdruckbereich grenzt, sodass es zu dem oben beschriebenen Schaltpunkt kommt, an dem sich der Prozess des Schaltens vollzieht. Dabei liegt entweder der Öffnungsdruckbereich der ersten Fluidströmung über dem Schließdruckbereich oder alternativ dazu der Schließdruckbereich über dem Öffnungsdruckbereich.

[0049] Vorteilhafterweise weist die erste Fluidströmung einen höheren Volumenstrom auf als die zweite Fluidströmung. Dies kann am Kreuzungspunkt der Leitungen beim Eintritt der Strömungen in die Drallkammer durch Wahl eines geeigneten Verhältnisses der Leitungsquerschnittsflächen zueinander realisiert werden. Besonders vorteilhaft ist eine Querschnittsfläche der ersten Fluidleitung, die beispielsweise um ein 2,5-faches bis 4,2-faches größer ist als die summierte Kreisfläche aller zweiten Fluidleitungen bzw. der tangentialen Bohrungen.

[0050] Insbesondere bei der Erzeugung von Sprays mittels Zweistoffdüsen, bei denen das Fluid mit einer Gasphase gemischt wird, treten Zustände ein, in denen

das Spray ohne Einbringung von zusätzlicher Energie eigenständig periodisch pulsiert. Dieses Phänomen, das als "Selbstpulsation" bezeichnet wird, ist durch deutlich sichtbare und hörbare Oszillationen im Spray charakterisiert. Das pulsierende Spray formt dabei deutlich erkennbare Strukturen (häufig auch als eine "Weihnachtsbaum"-artige Struktur beschrieben).

[0051] Während der Selbstpulsation tritt eine periodische Variation des Massestroms und des Sprühwinkels auf. Dadurch wird im Vergleich zu nicht-pulsierenden Sprays eine über längere Zeit gleichmäßigere örtliche Verteilung des Massestroms ermöglicht und dadurch eine insgesamt größere Fläche benetzt. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Tropfengröße, gemessen am mittleren Sauter-Durchmesser (SMD), für pulsierende Sprays gegenüber nicht-pulsierenden Sprays durchschnittlich größer ausfällt.

[0052] Für Zweistoffdüsen, bei denen die Betriebsflüssigkeit mit einer Gasphase gemischt wird, wird als Auslöser der Selbstpulsation, ein periodisches Blockieren des Gasspalts durch den Flüssigkeitsfilm angenommen. Auch bei Einstoffdüsen ist das Phänomen bekannt. Im Fokus von Untersuchungen standen insbesondere Rücklaufdüsen (englisch *Spill-Return-* oder *Spill-back-*Düsen), bei denen das Fluid tangential in eine Drallkammer eingeleitet wird und ein Teil des Fluids über eine oder mehrere axiale Öffnungen entgegen der Ausströmungsrichtung aus der Drallkammer zurückfließen kann. Starke Pulsation kann auch dann auftreten, wenn keine axiale Öffnung vorhanden ist. Es wird als Ursache vermutet, dass in diesen Fällen der Luftkern, der sich im Inneren der Drallkammer solcher Düsen bildet, unter bestimmten Bedingungen instabil wird und so die Selbstpulsation hervorruft.

[0053] Je nach Anforderung an den Prozess wird die Selbstpulsation als zu vermeidendes oder nützliches Phänomen angesehen. Steht eine Zerstäubung in möglichst kleine Tropfen im Fokus, ist von der Anwendung pulsierender Sprays abzuraten. Wird jedoch eine großflächige, gleichmäßige Benetzung und die Übertragung mechanischer Stoßkräfte durch die Tropfen auf die beaufschlagte Oberfläche angestrebt, ist die Selbstpulsation gegenüber nicht-pulsierenden Sprays vorteilhaft.

[0054] Da die Auslegung selbstpulsierender Düsen aufgrund der komplexen Zusammenhänge noch Gegenstand aktueller Forschung ist, werden pulsierende Sprays in industriellen Prozessen meist mittels vor der Düse im Zuström platzierten Ventile erzeugt, die periodisch schalten und so die Flüssigkeitszufuhr unterbrechen. Damit gehen jedoch erhebliche Druckverluste einher und im Vergleich zur Selbstpulsation werden kleinere Tropfengrößen beobachtet, so dass eine andere Zerstäubungscharakteristik vorherrscht als beim Einsatz selbstpulsierender Düsen.

[0055] Die Pulsation allgemein tritt bevorzugt im Übergangsbereich ein. In dem Bereich wird der Sprühwinkel γ des Sprays ohne Pulsation mit der Druckerhöhung zunehmend kleiner, bis bei 0° Sprühwinkel γ der Vollstrahl

erreicht wird. In dem Übergangsbereich treten teils ein pulsierendes Spray und teils ein pulsierender Vollstrahl auf. Mitunter wird zunächst ein pulsierendes Spray erzeugt und bei weiterer Druckerhöhung entsteht ein pulsierender Vollstrahl. Dieser entsteht durch den nahenden Übergang der Strahlform von Spray zu Vollstrahl. Während der Pulsation kommt es im Inneren der Düse zu periodischen Druckschwankungen (bis zu 0,3 bar), sodass es zu einem Überschreiten des Schalldruckpunkts kommt und zumindest kurzzeitig ein Vollstrahl entsteht.

[0056] Es wird immer erst der nicht-pulsierende, deutlich erkennbare Strahl als Vollstrahl und der zugehörige Fluidruck als Schaltpunkt bezeichnet, der den Übergang zum Strahlbereich erkennen lässt. Der pulsierende Strahl, der im Übergangsbereich auftritt, wird dem ersten Fluidruckbereich zugeordnet, da der Übergangsbereich ein Teilbereich des ersten Fluiddruckbereichs ist.

[0057] Es gibt Bereiche des Fluiddrucks, in denen die im Spray-Modus betriebene Düse, in dem nur die zweite Fluidströmung in die Drallkammer eintritt, das Phänomen der Selbstpulsation zeigt. Die Selbstpulsation am Düsenaustritt entsteht unter einem Pulsationsdruck, einem im Wesentlichen konstanten Fluiddruck in der zweiten Fluidleitung, der dennoch überraschenderweise dazu führt, dass das austretende Spray pulsiert. Da der Effekt nicht nur unter einem diskreten Fluiddruck, sondern über einen Druckbereich hinweg entsteht, wird der betreffende Druckbereich als Pulsationsdruckbereich bezeichnet. Je nach gewählter Düsengeometrie kann es keinen, einen oder mehrere solcher Pulsationsdruckbereiche geben, in denen der Pulsationseffekt auftritt. Häufig entstehen maximal zwei Pulsationsdruckbereiche.

[0058] Es wurde festgestellt, dass der Bereich des Fluiddrucks, in dem Selbstpulsation auftrat, von der Düsengeometrie, insbesondere dem Durchmesser des Düsenaustritts sowie dem Verhältnis der summierten Querschnittsflächen aller zweiten Fluidleitungen zur Querschnittsfläche der ersten Fluidleitung, abhängt. Weiterhin hat die Vorspannung des Ventils einen Einfluss auf den Bereich des Fluiddrucks, in dem Selbstpulsation auftritt.

[0059] Wird für eine ansonsten gleichbleibende Düsengeometrie ausschließlich der Durchmesser des Düsenaustritts, beispielsweise durch Umrüsten, vergrößert, lässt sich eine tendenziell stärker ausgeprägte Pulsation realisieren.

[0060] Damit lässt sich die vorgestellte Düse je nach Prozessanforderung verschieden auslegen. Entweder wird die Düse so ausgelegt, dass sie keinen Bereich des Fluiddrucks aufweist, in dem Selbstpulsation auftritt, so dass bei geschlossenem Ventil ausschließlich ein nicht-pulsierendes Spray und bei geöffnetem Ventil ein Vollstrahl erzeugt werden. Oder die Düse wird so ausgelegt, dass sie einen oder mehrere Bereiche des Fluiddrucks aufweist, in dem Selbstpulsation auftritt, so dass bei geschlossenem Ventil je nach Betriebsdruck ein nicht-pulsierendes oder ein pulsierendes Spray und bei geöffnetem

tem Ventil ein Vollstrahl erzeugt werden.

[0061] Die Möglichkeit, dass eine Auslegung zur Düse mit Selbstpulsation erfolgen kann, hat den Vorteil, dass keine zusätzlichen Ventile zur Realisierung der Pulsation eingesetzt werden müssen. Damit entfallen auch zusätzliche Steuerleitungen und der Zustand des pulsierenden Sprays kann komfortabel über die Druckleitung durch Anpassung des Fluiddrucks eingestellt werden, wie es auch für den Wechsel von Spray und Vollstrahl möglich ist.

[0062] Insbesondere für Reinigungsprozesse, wie dies auch bei der vorliegenden Erfindung angestrebt wird, kann der Einsatz von pulsierendem Spray gegenüber einem kontinuierlichem Spray Vorteile bieten, da sich einige industrietypische Verschmutzungen nachweislich effizienter reinigen lassen, wenn die Flüssigkeit diskontinuierlich auf die zu reinigende Oberfläche trifft. Im Vergleich zu kontinuierlichen Sprays bildet sich dabei auf der beaufschlagten Oberfläche keine stationäre Filmströmung aus, sondern die Fluidmenge strömt nach ihrem Aufprall auf die verschmutzte Oberfläche zur Seite ab. Die nachfolgende Fluidmenge trifft somit ungedämpft direkt auf die Verschmutzung und ermöglicht dadurch die Übertragung größerer Stoßkräfte. Auch die im Vergleich zu nicht-pulsierenden Sprays durchschnittlich größeren Tropfen ermöglichen die Übertragung erhöhter Impulse auf die Verschmutzung. Diese Eigenschaften des pulsierenden Sprays wirken sich insbesondere auf Verschmutzungen, die sich unter Einwirkung mechanischer Kräfte verbessert reinigen lassen, vorteilhaft aus. Insbesondere für quellfähige Verschmutzungen werden beim Einsatz pulsierender Sprays weiterhin dank des größeren Sprühwinkels und der gleichmäßigeren Benetzung über einen großen Bereich der verschmutzten Fläche Quellungsprozesse verstärkt angeregt. Diese schwächen die Bindungskräfte innerhalb der Verschmutzungen und verringern die für die Reinigung benötigten mechanischen Kräfte zusätzlich.

[0063] Die erfindungsgemäße Düse ermöglicht auch ohne Pulsationseffekte einen einstellbaren Wechsel zwischen den Strahlformen "Spray" und "Vollstrahl", um die jeweilige Strahlform bedarfsgerecht nutzen zu können. Das hat zur Folge, dass die Öffnung am Düsenaustritt unverändert in Fläche und Geometrie bleibt, dennoch können sowohl Spray als auch Vollstrahl austreten. Das Umschalten der Düse zwischen den Strahlformen wird nach einer vorteilhaften Weiterbildung allein durch den Druck des Fluids, der Betriebsflüssigkeit (z. B. Wasser oder Reinigungsfluid), gesteuert, so dass keine zusätzlichen Steuerleitungen notwendig sind.

[0064] Die Düse erlaubt im Parallelbetrieb mit mehreren gleichartigen Düsen auch einen Hybridbetrieb von Vollstrahl und Spray, insbesondere dann, wenn ein vom Druck der Betriebsflüssigkeit gesteuertes Ventil genutzt wird und die Schalldrücke der einzelnen Düsen verschieden eingestellt werden, so dass mehr als nur zwei Betriebsmodi für das Gesamtsystem bedarfsgerecht einstellbar sind.

[0065] Besondere Vorteile liegen in dem Wirkprinzip

der Düse mit Verzweigung, Ventil und Zusammenführung in der Drallkammer, wobei je nach Richtung der Strömungseinleitung überlagerte Geometrien für Vollstrahl und Spray erzielt werden können. Bei ausschließlich tangentialer Einströmung wird das Spray erzeugt und bei überlagerter Einströmung von axialer und tangentialer Einströmung entsteht der Vollstrahl. Die bevorzugte Ausführungsvariante des Ventils ermöglicht das druckgesteuerte Schalten. Der Zwischenbereich zwischen dem Öffnungsdruckbereich und dem Schließdruckbereich, in dem das Umschalten zwischen geöffnetem und geschlossenem Ventil erfolgt, oder der Schaltpunkt, wenn das Umschalten zwischen geöffnetem und geschlossenem Ventil hysteresefrei praktisch ohne nennenswerten Zwischenbereich erfolgt, ist dabei durch geometrische Parameter der Düse bzw. die Vorspannung des Federelements oder mittels pneumatischen Drucks einstellbar. Nach einmaliger Einstellung erfolgt ein zuverlässiges und wiederholbares Umschalten.

[0066] Im Unterschied zu vorbekannten Düsen entsteht bei Überlagerung der Teilströme jedoch ein Vollstrahl, was für die Funktionsweise und Handhabung der Düse einen entscheidenden Unterschied darstellt. Dadurch ist auch der Einsatz von nur einem Ventil im axialen Zulauf ausreichend, um die Funktion zu gewährleisten. Das Spray wird in der vorliegenden Erfindung außerdem ohne Strömungskollision realisiert, sodass dabei kollisionsverursachte Druckverluste vermieden werden können.

[0067] Weitere Vorteile bestehen in dem einfachen bedarfsgerechten Wechsel der Strahlform (Vollstrahl oder Spray), der direkt über die Druckleitung gesteuert werden kann, wenn ein vom Druck der Betriebsflüssigkeit gesteuertes Ventil verwendet wird. Der Druck der Betriebsflüssigkeit, der zur Betätigung des Ventils genutzt wird, ist eine sehr gut steuerbare Größe, die keine zusätzliche Steuerleitung benötigt und damit Vorteile gegenüber elektrischen Steuerleitungen oder manueller Verstellung aufweist.

[0068] Durch die Möglichkeit eines Umschaltens der Strahlform mittels Anpassung des Drucks der Betriebsflüssigkeit ist die Düse für bestehende Geräte gut nachrüstbar. Vorteile bieten sich insbesondere für Geräte, die beweglich bzw. rotierend arbeiten, wie rotierende Reinigungsgeräte oder Roboter, die höhere Anforderungen bezüglich der Dichtheit (z. B. Strahlwasserschutz) stellen oder sich prozessbedingt oder aus Gründen des Arbeitsschutzes außerhalb der Reichweite für einen manuellen Eingriff befinden.

[0069] Da das Umschalten der Strahlform gemäß der besonders bevorzugten Ausführungsform in einem sehr kleinen Druckbereich erfolgt, kann dieser als ein Schaltpunkt betrachtet werden, der für die industrielle Auslegung des erfindungsgemäßen Systems Vorteile aufweist, da der gesamte einstellbare Druckbereich als Prozessfenster nutzbar ist. Es gibt praktisch keine Druckbereiche, die aufgrund des Umschaltens nicht für den Pro-

zess nutzbar sind, denn es liegen stets Spray oder Vollstrahl vor.

[0070] Durch einmalige Veränderung der Vorspannung des Ventils oder der Düsengeometrie (z. B. Düsendurchmesser) kann der gewünschte Schalldruck sehr einfach eingestellt werden. Danach erfolgt das Schalten stets zuverlässig und wiederholbar beim selben Schaltpunktdruck.

[0071] Als Düsenaustritt können, neben den oben beschriebenen Sondergeometrien, handelsübliche Vollstrahldüsen genutzt werden, die einfach austauschbar sind, wenn geometrische Eigenschaften des Düsenaustritts, zum Beispiel der Düsendurchmesser, geändert werden sollen.

[0072] Da die Zerstäubung bei der Erzeugung des Sprays auf einer in Drall versetzten Strömung beruht, können ähnliche Zerstäubungseigenschaften wie mit industriellen, ebenfalls drallbasierten Vollkegeldüsen oder Hohlkegeldüsen erzeugt werden. Unkontrolliertes Zerstäuben oder Druckverluste, wie bei der Zerstäubung durch Kollision von zwei Strömungen, werden damit vermieden. Bekannte Düsen geben zumeist ein Spray ab, das die Form eines Hohlkegels aufweist. Bei der Erfindung hingegen besitzt das Spray regelmäßig die Form eines Vollkegels mit der Folge, dass die gesamte Fläche insgesamt gleichmäßig benetzt wird.

[0073] Alternativ zur Form eines Vollkegels kann aber auch die Form eines Hohlkegels angestrebt werden, falls dies gewünscht ist. Ein Hohlkegel wird erreicht, indem der Querschnitt der tangentialen Strömung sehr klein oder die Verjüngung beim Düsenaustritt sehr kurz gestaltet wird, was den Gestaltungsrichtlinien für Hohlkegeldüsen entsprechen würde. Grundlegend ermöglicht ein Hohlkegel gegenüber einem Vollkegel eine Zerstäubung des Sprays in noch kleinere Tropfen, weil es mehr Möglichkeiten zur Interaktion und Reibung der Tropfen mit der Umgebungsluft gibt. Es ist darüber hinaus vorgesehen, durch den Einsatz entsprechend ausgebildeter Düsen einen Wechsel zwischen Hohlkegel und Vollstrahl hervorzurufen, um die Vorteile beider Strahlformen zu kombinieren und wechselweise abzurufen.

[0074] Durch den Parallelbetrieb mit mehreren Düsen, die jeweils verschiedene Schaltpunkte aufweisen, werden neben Spray und Vollstrahl weitere Betriebszustände ermöglicht, bei denen Spray und Vollstrahl gleichzeitig mit verschiedenen Düsen erzeugt werden (Hybridbetrieb). Dabei ist nach wie vor nur eine Steuerleitung, die Druckleitung zur Zuführung des Fluids, notwendig, um den gewünschten Betriebszustand gezielt einzustellen. Dies erlaubt viele neue Anwendungsfälle für ein Gesamtsystem, in das die Düsen eingebettet sind.

[0075] Ein weiterer Vorteil liegt auch in nur einem Düsenaustritt, der in seiner Geometrie unveränderlich ist. Die Strahlachsen beider Strahlformen sind identisch, so dass keine Relativverschiebung zwischen dem System und dem anvisierten lokalen Ziel vorgenommen und berechnet werden muss, wie es der Fall ist, wenn ein lokales Ziel nacheinander mit beiden Strahlformen einer Düse

getroffen werden soll. Wird ein bei hohem Druck öffnendes Ventil genutzt, kann bei kleinem Betriebsdruck ein Spray und bei großem Betriebsdruck ein Vollstrahl erzeugt werden. Dies hat insbesondere für Prozesse, bei denen große mechanische Kräfte mit dem Vollstrahl übertragen werden sollen, Vorteile. Hierzu zählen vor allem Reinigungsprozesse.

[0076] Anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen und ihrer Darstellung in den zugehörigen Zeichnungen wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse mit einem längs und einem quer geschnittenen Detail;

Fig. 2: schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse mit zwei unterschiedlichen Ventilstellungen und den resultierenden Strahlformen;

Fig. 3: schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse mit zwei unterschiedlichen Ventilstellungen eines Membranventils und den resultierenden Strahlformen;

Fig. 4: schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse mit zwei unterschiedlichen Ventilstellungen eines Federventils und den resultierenden Strahlformen;

Fig. 5: schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse mit zwei unterschiedlichen Ventilstellungen eines Ventils mit kompressiblem Ventilkörper und den resultierenden Strahlformen;

Fig. 6: schematisch drei längs geschnittene Ansichten einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse in Doppelanordnung mit einer Fluidzuführung;

Fig. 7: schematisch vier längs geschnittene Ansichten einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse in Doppelanordnung mit separater Fluidzuführung;

Fig. 8: schematisch eine geschnittene Seitenansicht einer Ausführungsform eines Düsenaustritts, ausgeführt als ein Vollstrahldüsenaustritt;

Fig. 9: schematisch eine geschnittene Seitenansicht einer Ausführungsform eines Düsenaustritts, ausgeführt als ein Fasendüsenaustritt;

Fig. 10: schematisch eine geschnittene Seitenansicht einer Ausführungsform eines Düsenaustritts, ausgeführt als ein Radiusdüsenaustritt;

Fig. 11: schematisch eine geschnittene Seitenansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse und

Fig. 12: schematisch eine Ansicht von oben einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse.

[0077] Fig. 1 zeigt schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse 1 mit einem quer geschnittenen Detail, dem Schnitt A-A, und einem längs geschnittenen Detail, dem Ausschnitt aus Rahmen B, der das Geschehen in der Drallkammer 6 des Düsenkörpers 2 veranschaulicht. Die Darstellung erfolgte zweckmäßig zur Vereinfachung und zur besseren Übersicht aller wesentlichen Leitungen in Abweichung von einer normgerechten Darstellung, indem in der linken Ansicht eine zweite Fluidleitung 10 geschnitten dargestellt wurde, obwohl sie nicht in der zentral gewählten Schnittebene liegt. Auch eine zentral geschnittene Drallkammer 6 würde bei normgerechter Darstellung nicht den vertikalen Abschnitt der zweiten Fluidleitung 10 geschnitten zeigen, sondern nur die Öffnung ihres Eintritts in die Drallkammer 6, die bedingt durch den tangentialen Eintrittsort beim Durchdringen der Wand der Drallkammer 6 eine ovale Kontur aufweisen würde.

[0078] Die Düse 1 umfasst einen Fluidanschluss 3, der die Schnittstelle zum vorgeschalteten Gerät, z. B. einem Tankreiniger oder einem Roboter, darstellt, und einen Düsenaustritt 4, aus dem das Fluid in der gewünschten Strahlform 30, 32 ausströmt, sowie eine Verzweigung 16 für das Aufteilen der Fluidströmung in zwei Teilströme sowie eine Zusammenführung in der Drallkammer 6 für ein erneutes Zusammenfließen der Teilströme. Von den zwei Teilströmungen verläuft ein Teilstrom, die erste Fluidströmung 12, annähernd axial zur Hauptströmungsrichtung entlang der Achsrichtung 9, während ein anderer Teilstrom, die zweite Fluidströmung 14, bei der Verzweigung 16 und der Zusammenführung in der Drallkammer 6 nichtaxial zur Hauptströmungsrichtung, hier senkrecht ausgerichtet ist. Der nichtaxiale Teilstrom, die zweite Fluidströmung 14, läuft tangential in die Zusammenführung, die Drallkammer 6, ein, um eine mit Drall behaftete Strömung zum Austritt aus dem Düsenaustritt 4 die gewünschte Strahlform 30, 32 zu erzeugen.

[0079] Der Bereich zwischen der Zusammenführung der Fluidströmungen 12, 14 in der Drallkammer 6 und dem Düsenaustritt 4 ist vorzugsweise annähernd strömungsstetig gestaltet, ohne sprunghafte Geometrieänderung, und weist vorzugsweise über den gesamten Verlauf bis zum Erreichen der Verjüngung nahe des Düsenaustritts 4 in Achsrichtung 9 einen konstanten Querschnitt auf. Im Fall einer laminaren Strömung löst sich die Strömung nicht von der Wand und bleibt laminar. Auch für voneinander abweichende Querschnitte der ersten Fluidleitung 8 und der Drallkammer 6 ist vorzugsweise ein strömungsstetiger Eintrittsbereich 7 ausgeführt, über den die erste Fluidströmung 12 aus der ersten Fluidleitung 8 in die Drallkammer 6 in laminarer Strömung eintritt, ohne sich von der Wand zu lösen. Das Fluid strömt dadurch störungsfrei und gleichmäßig in die Drallkammer 6 ein und eliminiert damit den Drall vollständig, so dass am Düsenaustritt 4 eine Strahlform Vollstrahl 32 ausgebildet wird. Um dies zu erreichen, weist der Eintrittsbereich 7 einen Neigungswinkel β , β' auf, der in Abhängigkeit von den rheologischen Parametern, vor allem

der Strömungsgeschwindigkeit der ersten Fluidströmung 12, so gewählt wird, dass die laminare Strömung den laminaren Zustand beibehält.

[0080] Zwischen der Verzweigung 16 und der Drallkammer 6 befindet sich in der ersten Fluidleitung 8 ein Ventil 20, mit dem der axiale Teilstrom, die erste Fluidströmung 12, entweder gesperrt oder durchgeschaltet werden kann. Das Ventil 20 öffnet und schließt vorzugsweise in Abhängigkeit einer eingestellten konstanten Vorspannung und in Abhängigkeit vom Fluidruck der Betriebsflüssigkeit, des Fluids. Der Düsenaustritt 4 kann als handelsüblicher Vollstrahl Düsenaustritt ausgeführt sein, so dass verfügbare Kaufteile genutzt werden können, um z. B. den Düsendurchmesser sehr einfach durch Umrüstung und dem Einsatz einer anderen Düse anpassen zu können.

[0081] Beim Einzelbetrieb der Düse treten folgende Betriebszustände auf:

- Zustand "Spray": Das Ventil 20 ist geschlossen und nur die nichtaxiale Teilströmung, die zweite Fluidströmung 14, gelangt in die Zusammenführung, die Drallkammer 6. Die aufgrund der tangentialen Einleitung in Drall versetzte zweite Fluidströmung 14 zerstäubt am Düsenaustritt 4 zu einem Spray 30.
- Zustand "Vollstrahl": Das Ventil 20 ist geöffnet, die beiden Teilströmungen, die Fluidströmungen 12 und 14, treffen in der Drallkammer 6 aufeinander und das Fluid tritt als Vollstrahl 32 aus dem Düsenaustritt 4 aus.

[0082] Am Düsenkörper 2 ist der Düsenaustritt 4 angeordnet, der bevorzugt als Vollstrahl Düsenaustritt ausgeführt ist und darüber hinaus weist der Düsenkörper 2 eine erste Fluidleitung 8 auf, in die das Ventil 20 eingesetzt ist, sowie eine zweite Fluidleitung 10, die das Ventil 20 überbrückt. Dazu wird die in die Düse 1 am Fluidanschluss 3 eintretende Fluidströmung an der Verzweigung 16 aufgeteilt und ein Teil strömt über die zweite Fluidleitung 10 bis zum Eintritt in die Drallkammer 6. Dazu tritt die zweite Fluidleitung 10 im Eintrittswinkel α , der in der dargestellten Ausführungsform 90° beträgt, im Bereich der Zylinderwand der zylindrischen Drallkammer 6 ein.

[0083] Sofern das Ventil 20 geschlossen ist, strömt der gesamte Volumenstrom der eintretenden Fluidströmung über die zweite Fluidleitung 10. Da der Eintritt der zweiten Fluidleitung 10 in die Drallkammer 6 im Bereich einer Tangentialfläche erfolgt, erhält die eintretende zweite Fluidströmung 14 einen Drall, sie strömt um die Achse 9. Auf der Tangentialfläche wird der Eintrittswinkel α bevorzugt zwischen 60° und 90° eingestellt. Den Drall behält das Fluid bei, wenn es aus der Drallkammer 6 heraus zum Düsenaustritt 4 fortschreitet und dort in Form eines kegelförmigen Sprays 30 den Düsenaustritt 4 verlässt. Sobald jedoch das Ventil 20 geöffnet wird, wird der Drall der zweiten Fluidströmung 14 durch die ebenfalls in die Drallkammer 6 eintretende erste Fluidströmung 12 beeinflusst bzw. gestört. Das den Düsenaustritt 4 verlas-

sende Strahlbild ändert sich, so wie nochmals nachfolgend in Fig. 2 näher erläutert.

[0084] Fig. 2 zeigt schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse 1 mit zwei unterschiedlichen Stellungen des Ventils 20 und den resultierenden Strahlformen, das kegelförmige Spray 30 und den Vollstrahl 32. Der Vollstrahl 30 gemäß der oberen Darstellung ergibt sich bei geschlossenem Ventil 20, wodurch keine Strömung in axialer Richtung in die Drallkammer 6 eintreten kann. Der gesamte Volumenstrom des Fluids wird in Drall versetzt und erzeugt beim Austritt aus dem Düsenaustritt 4 das kegelförmige Spray 30 mit einem Sprühwinkel γ .

[0085] Im Unterschied dazu zeigt die untere Darstellung das geöffnete Ventil 20, durch das die erste Fluidströmung 12 in die Drallkammer 6 eintritt, dort den Drall der zweiten Fluidströmung 14 derart beeinflusst, dass ein Vollstrahl den Düsenaustritt 4 verlässt.

[0086] Das Ventil 20 öffnet und schließt vorzugsweise in Abhängigkeit des Fluiddrucks der Betriebsflüssigkeit, des Fluids. Daraus ergeben sich mögliche Ausführungsvarianten zum Schaltverhalten:

- das Ventil ist bei niedrigem Fluiddruck geschlossen und ist bei hohem Fluiddruck geöffnet oder
- das Ventil ist bei niedrigem Fluiddruck geöffnet und bei hohem Fluiddruck geschlossen.

[0087] Mögliche Ausführungsvarianten des Schließkörpers des Ventils 20 sind eine flexible, elastische Membran, ein kompressibler Schließkörper, ein starrer Schließkörper (z. B. Klappen, Schieber, Nadel, Zylinder) oder ein elastischer Schließkörper, jeweils in Verbindung mit einer Vorspannung. Der Ventilmechanismus ist so ausgelegt, dass das Öffnen bzw. Schließen wiederholbar und zuverlässig erfolgt. Der Bereich des Fluiddrucks (auch als Fluiddruckbereich bezeichnet), in dem das Umschalten erfolgt, ist sehr klein und damit praktisch als Bereich vernachlässigbar, so dass in Bezug auf den gesamten Arbeitsdruckbereich von einem Schaltpunkt oder Schaltpunktdruck gesprochen werden kann.

[0088] Mögliche Ausführungsvarianten zur Realisierung der Vorspannung sind:

- pneumatisch vorgespanntes Ventil, das einmalig vor Betrieb mit Druckluft befüllt und dann abgeriegelt wird oder
- mit mechanischer Feder vorgespanntes Ventil oder
- mittels Magnetkraft vorgespanntes bzw. geschlossenes Ventil oder
- kompressibler, elastischer Körper mit inhärenter Vorspannung.

[0089] Die bevorzugte Ausführungsvariante für das Ventil 20 weist folgende wechselweise einstellbare Funktion auf:

- bei geringem Fluiddruck bleibt das Ventil 20 geschlossen und nur der tangentiale Teilstrom oder die tangentialen Teilströme werden zusammengeführt. Die dadurch in Drall versetzte zweite Fluidströmung 14 erzeugt am Düsenaustritt 4 eine Strahlform Spray 30 mit einem Sprühwinkel γ ,
- bei hohem Fluiddruck ist das Ventil 20 geöffnet und das Fluid tritt als Vollstrahl 32 aus (entspricht Sprühwinkel $\gamma=0^\circ$).

[0090] Der Schließkörper des vorgespannten Membranventils 22 ist als elastische Membran 21 ausgeführt, wobei die Vorspannung mittels Druckluft erreicht wird. Dieser Aufbau erlaubt eine einfache Auslegung des Schaltverhaltens für die industrielle Anwendung der Düse 1.

[0091] Fig. 3 zeigt schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse 1 mit zwei unterschiedlichen Stellungen eines Ventils 20 mit einem vorgespannten Membrankörper 22 und den resultierenden Strahlformen. In der linken Darstellung ist das Ventil 20 geschlossen, in dem der Membrankörper 22 über eine Druckluftzuführung 23 mit Druckluft beaufschlagt wurde. Dementsprechend ist die erste Fluidleitung 8 geschlossen und das gesamte Fluid, das in die Düse 1 eintritt, strömt über die zweite Fluidleitung 10 in die Drallkammer 6, wird dort in Drall versetzt und verlässt den Düsenaustritt 4 als kegelförmige Spray 30. Demgegenüber ist bei der rechten Darstellung der über die Druckluft in den Membrankörper des Ventils 20 eingetragene Druck so weit vermindert, dass das Ventil 20 öffnet und die erste Fluidleitung 8 öffnet. Die im Vergleich zur zweiten Fluidleitung 10 stärker dimensionierte Fluidleitung 8 stört dadurch die Ausbildung des Dralls in der Drallkammer 6 mit dem Ergebnis, dass am Düsenaustritt 4 ein Vollstrahl entsteht.

[0092] Alternativ kann zur Änderung des Luftdrucks im Membranventil 22 während des Betriebs auch ein mit Druckluft befüllter Raum als Druckluftspeicher vorgesehen sein, dessen initialer Luftdruck nur zur Änderung des Arbeitspunktes vor dem Betrieb der Düse 1 verändert wird und im Betrieb abgeriegelt bleibt. In dem Fall wird das Membranventil 22 durch den Druck des in die Düse eintretenden Fluids gesteuert. Bei einem hohen Fluiddruck p öffnet es, sobald sich der Fluiddruck p unter den eingestellten Arbeitspunkt vermindert, schließt das Membranventil 22 (wie auch jedes andere eingesetzte Ventil 20 mit einer Vorspannung) wieder, wie in der linken Darstellung gezeigt.

[0093] Fig. 4a zeigt schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse 1 mit einem Federventil 24, wobei zwei unterschiedliche Ventilstellungen des Federventils 24 gezeigt werden, und den resultierenden Strahlformen, kegelförmiges Spray 30 und Vollstrahl 32. An Stelle der Wirkungen der Druckluft, wie oben zu Fig. 3 erläutert, ist hier eine Feder 25 eingesetzt, deren Kraftwirkung den Arbeitspunkt des vorgespannten Federven-

tils 24 bestimmt.

[0094] Überwindet der Fluiddruck p die Federkraft, wie in der rechten Darstellung gezeigt, tritt die axiale erste Fluidströmung 12 in die Drallkammer 6 ein und erzeugt den Vollstrahl 32 am Düsenaustritt 4. Unterschreitet der Fluiddruck p den Arbeitspunkt des Federventils 24, dann schließt das Federventil 24 und die Fluidströmung nimmt ihren Weg als zweite Fluidströmung 14 über die zweite Fluidleitung 10 in die Drallkammer 6 hinein, wo der dadurch bewirkte Drall zum Austritt eines kegelförmigen Sprays 30 führt.

[0095] Bei Fig. 4b kommt anstelle der Federkraft Magnetkraft zum Einsatz, in der dargestellten Ausführungsform hervorgerufen und ausgeführt als zwei einander anziehende Magneten, ein Permanentmagnetenpaar 29. Der Fluiddruck p überwindet zum Öffnen des Ventils 20 die Magnetkraft, sodass die erste Fluidströmung 12 in die Drallkammer 6 eintreten kann. Anstelle eines Permanentmagnetenpaars 29 kann auch ein einzelner Magnet in Wechselwirkung mit einem ferromagnetischen Material vorgesehen werden, wobei der Permanentmagnet eine sehr einfache Lösung darstellt, aber stattdessen auch ein Elektromagnet zum Einsatz kommen kann.

[0096] Vorzugsweise ausgeführt ist das magnetgetriebene Ventil 20 in der Weise, dass eine flexible Membran o. ä. durch zwei magnetische Körper vorgespannt wird, die so angeordnet sind, dass sie sich, insbesondere aufgrund ihrer Polung, gegenseitig anziehen, sodass die erste Fluidleitung 8 verschlossen wird. Sobald die erste Fluidströmung 12 einen größeren Druck erreicht, wird die Magnetkraft überwunden und das Ventil geöffnet. Damit ist bei der dargestellten Ausführungsform das Ventil als ein "bei hohem Druck öffnendes Ventil" ausgeführt.

[0097] Fig. 5 zeigt schematisch eine längs geschnittene Ansicht einer alternativen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse 1 mit zwei unterschiedlichen Ventilstellungen eines Ventils mit kompressiblem Ventilkörper 26 und den resultierenden Strahlformen kegelförmiges Spray 30 und Vollstrahl 32, wie auch in den Figuren 2 bis 4 dargestellt. Im Unterschied dazu ist hier jedoch kein zusätzliches Mittel eingesetzt, das den Arbeitspunkt des Ventils 20 bestimmt, sondern ein kompressibler elastischer Ventilkörper 26 schließt sich gegen den Druck der ersten Fluidströmung 12 in der ersten Fluidleitung 8 und versperrt diese dadurch. Wird hingegen durch den Fluiddruck p der Arbeitspunkt des Ventils 20 gegen die Kraftwirkung des elastischen Ventilkörper 26 überschritten, öffnet das Ventil 20 und der Vollstrahl 32 tritt aus dem Düsenaustritt 4, nachdem die erste Fluidströmung 12 die Drallkammer 6 axial durchflossen hat.

[0098] Fig. 6 zeigt schematisch drei längs geschnittene Ansichten einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse 1 in Doppelanordnung mit einer gemeinsamen Fluidzuführung für beide Düsen 1. Zwei Düsen sind an derselben Druckleitung angeschlossen. Dadurch liegt an beiden Düsen derselbe Druck p an. Nach der dargestellten Ausführungsform weisen beide Ventile 20 jedoch unterschiedliche Arbeitspunkte auf, sodass ein

variables Strahlbild an den beiden Düsen 1 (Düse A und Düse B) erreicht werden kann.

[0099] Wenn ein vom Druck p des Fluids, der Betriebsflüssigkeit, gesteuertes Ventil 20 genutzt wird und die Düsen 1 verschiedene Schaltpunkte aufweisen, sind folgende Betriebszustände für das Gesamtsystem möglich:

- alle Düsen befinden sich im Zustand "Spray",
- alle Düsen befinden sich im Zustand "Vollstrahl",
- Düsen befinden sich in verschiedenen Zuständen "Spray und Vollstrahl liegen gleichzeitig und nebeneinander vor".

[0100] Die Druckleitung, die das in die Düse eintretende Fluid führt, dient dabei zugleich als Steuerleitung, so dass mit nur einem Signal (Druck des Fluids) mehrere Zustände sehr flexibel und einfach realisiert werden können.

[0101] In der linken Darstellung liegt der Druck p am Eingang zu den beiden Düsen 1 im Schließdruckbereich, sodass beide Ventile 20 geschlossen sind, das gesamte Fluid in die beiden Drallkammern 6 jeweils über die zweite Fluidleitung 10 eintritt und das kegelförmige Spray 30 in beiden Düsen 1 erzeugt.

[0102] In der mittleren Darstellung ist der Druck p so gewählt, dass er bei einer der Düsen 1 im Öffnungsdruckbereich liegt und das Ventil 20 öffnet, bei der anderen aber noch geschlossen bleibt. In der Folge tritt ein Vollstrahl 32 und ein kegelförmiges Spray 30 aus.

[0103] Wird der Druck p weiter geändert, beispielsweise erhöht, ergibt sich ein Bild wie in der rechten Darstellung, wo der Öffnungsdruckbereich beider Ventile 20 erreicht ist, diese durchlässig sind und die gesamte Fluidströmung über die erste Fluidleitung 8 in die Drallkammer 6 eintritt und den Düsenaustritt 4 als Vollstrahl 32 bei beiden Düsen verlässt. Bei der dargestellten Ausführungsform kann ein Ventil 20 genutzt werden, das bei einem geringen Druck geschlossen und bei hohem Druck geöffnet ist. Alternativ hierzu kann auch eine umgekehrte Charakteristik vorgesehen sein, bei der das Ventil bei einem hohen Druck geschlossen und bei geringem Druck geöffnet ist.

[0104] Der Parallelbetrieb ist z. B. insbesondere für die Behälterreinigung von Bedeutung. Dabei werden mehrere Düsen 1 parallel an einem rotierenden Reinigungsgerät betrieben, das über nur eine Druckleitung verfügt.

[0105] Fig. 7 zeigt schematisch vier längsgeschnittene Ansichten einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse 1 in Doppelanordnung mit separater Fluidzuführung, was im Unterschied zur Darstellung aus Fig. 6 zur Folge hat, dass das Strahlbild bei beiden Düsen 1 individuell eingestellt werden kann, je nachdem mit welchem Fluiddruck das Fluid auf die Düse 1 trifft. Dabei wird der Fluiddruck p_1 als niedriger Fluiddruck und der Fluiddruck p_2 als hoher Fluiddruck, jeweils in Bezug auf den Arbeitspunkt des Ventils 20, ausgewiesen. Eine alternative Ausführungsform sieht im Unterschied hierzu vor, dass das Ventil 20 bei hohem Druck geschlossen

und bei einem geringen Druck geöffnet ist.

[0106] Zustand 1 zeigt bei beiden Düsen 1 den niedrigen Fluiddruck p_1 , der unterhalb des Arbeitspunktes des Ventils 20 liegt, sodass dieses geschlossen bleibt. Die Folge sind kegelförmige Sprays 32 an beiden Düsenaustritten 4. Bei Zustand 2 erhält die linke Düse 1 den höheren Fluiddruck p_2 , sodass das Ventil 20 die Fluidströmung axial durchlässt und am Düsenaustritt 4 ein Vollstrahl 32 entsteht, während die rechte Düse 1 bei geschlossenem Ventil 20 weiterhin das Spray 30 abgibt. Bei Zustand 3 ist dies genau umgekehrt in Bezug auf Zustand 2; die Druckverhältnisse am Eingang der beiden Düsen 1 sind umgekehrt. Bei Zustand 4 hingegen liegt an beiden Düsen 1 der höhere Fluiddruck p_2 an, das Ventil öffnet und beide Düsen geben den Vollstrahl 32 ab.

[0107] Fig. 8 zeigt einen Vollstrahldüsenaustritt 4 einer Düse 1 im Detail. Der Vollstrahldüsenaustritt 4 ist ein einfach und günstig verfügbares Standardbauteil. Aus dem Düsenaustritt 4 tritt der Vollstrahl 32 (vgl. Figuren 2 bis 7) aus, wenn das Ventil 20 (vgl. Figuren 1 bis 7) die erste Fluidleitung 8 freigibt. Aus dem Düsenaustritt 4 tritt hingegen das Spray 30 aus, wenn das Ventil 20 die erste Fluidleitung 8 sperrt, sodass nur die wenigstens eine zweite Fluidströmung 14 in die Drallkammer 6 eintritt.

[0108] Fig. 9 zeigt einen Fasendüsenaustritt 42 und Fig. 10 zeigt einen Radiusdüsenaustritt 46 einer Düse 1 im Detail. Bei diesen Düsengeometrien löst sich der Vollstrahl 32 an der Stelle mit dem kleinsten Querschnitt von der Wand ab und tritt weiterhin als Vollstrahl 32 mit geringfügigen Einbüßen an Stabilität aus, während das Spray 30 durch Entlanggleiten an der sich im Querschnitt nochmals erweiternden Austrittsgeometrie, Radius oder Fase, einen noch größeren Sprühwinkel erreichen kann.

[0109] Fig. 11 zeigt eine geschnittene Seitenansicht mit den Details A(1) bis A(5), den Varianten des Übergangs von der ersten Fluidleitung 8 zur Drallkammer 6, und Fig. 12 zeigt eine Ansicht von oben einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Düse 1. Dabei ist an der linken Seite des Düsenkörpers 2 der Fluidanschluss 3 zu erkennen, an dem das Fluid eintritt, in Strömungsrichtung (Pfeil) gefolgt von der Verzweigung 16 an der das Fluid sich zwischen der ersten Fluidleitung 8 und der zweiten Fluidleitung 10 aufteilt. Hierzu ist eine Steckverschraubung 17 vorgesehen, mit der die zweite Fluidleitung 10 an dem Düsenkörper 2 eingesetzt ist. Im weiteren Verlauf ist die zweite Fluidleitung 10 als ein Medienschlauch 11 ausgeführt, bis sie im Bereich der Drallkammer 6 mittels einer weiteren Steckverschraubung 17 wieder in den Düsenkörper 2 eintritt. An der rechten Seite des Düsenkörpers 2 ist der Düsenaustritt 4 angesetzt, in der hier dargestellten bevorzugten Ausführungsform als eine standardmäßig erhältliche Vollstrahldüse ausgeführt. Zwischen der ersten Fluidleitung 8 und der Drallkammer 6 ist nach einer alternativen Ausführungsform ein Eintrittsbereich 7 vorgesehen, über den die erste Fluidströmung aus der ersten Fluidleitung 8 in die Drallkammer 6 eintritt und dessen Funktion bereits zu Fig. 1 ausgeführt wurde.

[0110] Für den Eintrittsbereich 7 werden neben dem gleichmäßigen Übergang, bei identischen Durchmessern der ersten Fluidleitung 8 und der Drallkammer 6, dargestellt als Detailvariante A(1) das Verhältnis des Durchmessers D_8 der ersten Fluidleitung 8 zum Durchmesser D_6 der Drallkammer 6 mit 0,7 in den Detailvarianten A(2) und A(4) und 1,3 in den Detailvarianten A(3) und A(5) dargestellt. In Detailvariante A(1) ist auch Durchmessers D_8 und Durchmessers D_6 bezeichnet, worauf in den anderen Darstellungen der Detailvarianten A(2) bis A(5) sowie auch in der zugehörigen Beschreibung der besseren Übersicht wegen verzichtet wurde.

[0111] Die Gestaltung des Übergangs nach A(1) bis A(5) begünstigt eine effektive Überlagerung der ersten Fluidströmung mit der zweiten Fluidströmung in der Drallkammer. Die erste Fluidströmung 12 besitzt vorwiegend axiale Geschwindigkeitskomponenten und durchströmt den Querschnitt der Drallkammer 6 als Kernströmung primär im Zentrum, koaxial zur Düsenachse, der Symmetrieachse der Düse 1, während die zweite Fluidströmung 14 vorwiegend radiale Geschwindigkeitskomponenten besitzt und den Querschnitt der Drallkammer 6 primär am äußeren Randbereich kreisbahnförmig radial durchströmt. Eine "effektive Überlagerung" der Fluidströmungen 12, 14 ist dadurch gekennzeichnet, dass die axialen Geschwindigkeitskomponenten der ersten Fluidströmung 12 die radialen Geschwindigkeitskomponenten der zweiten Fluidströmung 14 ausreichend stark reduzieren, so dass der resultierende Drall in der vereinten Fluidströmung (durch z. B. zusätzliche Reibverluste mit der Wand der Drallkammer 6) bis zum Düsenaustritt 4 vollständig eliminiert werden kann und im Ergebnis ein Vollstrahl 32 austritt. Eine "effektive Überlagerung" findet insbesondere dann statt, wenn sich die erste Fluidströmung 12 und die zweite Fluidströmung 14 bezogen auf den Querschnitt der Drallkammer 6 großflächig kreuzen bzw. überlagern können.

[0112] Eine effektive Überlagerung der Fluidströmungen 12, 14 findet statt, wenn der Eintrittsbereich 7 als gleichmäßiger Übergang mit identischen Durchmessern gemäß Detailvariante A(1) ausgeführt ist. Die erste Fluidströmung 12 durchdringt mit ihren axialen Geschwindigkeitskomponenten die erste Fluidleitung 8 im gesamten Querschnitt. Beim Übergang zur Drallkammer 6 bleibt die erste Fluidströmung 12 aufgrund des gleichmäßigen Übergangs weitestgehend unverändert, so dass die erste Fluidströmung 12 mit ihren axialen Geschwindigkeitskomponenten auch die Drallkammer 6 im gesamten Querschnitt durchdringt. Damit überlagern die im gesamten Querschnitt der Drallkammer 6 ausgeprägten axialen Geschwindigkeitskomponenten der ersten Fluidströmung 12 die radialen Geschwindigkeitskomponenten der zweiten Fluidströmung 14 im Randbereich der Drallkammer 6 großflächig und sehr effektiv.

[0113] Eine effektive Überlagerung der Fluidströmungen 12, 14 findet auch statt, wenn der Eintrittsbereich 7 als kleiner Sprung mit einem Verhältnis des Durchmessers der ersten Fluidleitung 8 zum Durchmesser der

Drallkammer 6 ausgestaltet ist, wobei das Verhältnis, wie in der Detailvariante A(2) beispielhaft dargestellt, 0,7 beträgt oder, wie in der Detailvariante A(3) dargestellt, 1,3 beträgt.

[0114] Wenn, wie in der Detailvariante A(2) dargestellt, der Querschnitt der ersten Fluidleitung 8 im Vergleich zur Drallkammer 6 kleiner ist, kommt es nach dem Eintritt der ersten Fluidströmung 12 in die Drallkammer 6 zur Strömungsablösung und Wirbelbildung. Damit durchdringen die axialen Geschwindigkeitskomponenten der ersten Fluidströmung 12 den Querschnitt der Drallkammer 6 im Bereich der Ablösung nicht mehr so effektiv wie noch in der ersten Fluidleitung 8, sondern sind im Randbereich der Drallkammer 6 etwas abgeschwächt. Die Fläche, auf der sich erste und zweite Fluidströmung 12, 14 überlagern und eine Interaktion von axialer und radialer Geschwindigkeitskomponente stattfindet, ist in Bezug auf die wirksame Interaktion gegenüber der Detailansicht A(1) etwas verringert, jedoch trotzdem effektiv genug, um den Drall so weit zu verringern, dass dieser bis zum Düsenaustritt 4 vollständig (durch z. B. Wandreibung beim weiteren Durchströmen der Drallkammer 6) eliminiert werden kann und ein Vollstrahl 32 austritt. Die Effektivität der Überlagerung kann in diesem Fall erhöht werden, indem z. B. die Drallkammer 6 im Bereich zwischen Eintrittsbereich 7 und Zusammenführung so weit verlängert wird, dass sich die erste Fluidströmung 12 bis zur Überlagerung mit der zweiten Fluidströmung 14 an die Wand der Drallkammer 6 anlegt. Nach Anlegen der Strömung durchdringt die erste Fluidströmung 12 mit ihren axialen Geschwindigkeitskomponenten die Drallkammer 6 im gesamten Querschnitt ohne ablösungsbedingte Abschwächung im Randbereich und kann die radialen Geschwindigkeitskomponenten der zweiten Fluidströmung 14 im Randbereich der Drallkammer 6 großflächig und sehr effektiv überlagern.

[0115] Wenn, wie in der Detailvariante A(3) dargestellt, der Querschnitt der ersten Fluidleitung 8 im Vergleich zur Drallkammer 6 größer ist, kommt es vor dem Eintritt der ersten Fluidströmung in die Drallkammer zur Strömungsablösung und Wirbelbildung. Das Ablösungsgebiet erstreckt sich bis in die Drallkammer 6 hinein. Damit durchdringen die axialen Geschwindigkeitskomponenten der ersten Fluidströmung 8 den Querschnitt der Drallkammer 6 im Bereich der Ablösung nicht mehr so effektiv wie noch in der ersten Fluidleitung 8 vor der Ablösung, sondern sind im Randbereich der Drallkammer 6 etwas abgeschwächt. Auch hier ist die Fläche, auf der sich erste und zweite Fluidströmung 12, 14 überlagern und eine Interaktion von axialer und radialer Geschwindigkeitskomponente stattfindet, in Bezug auf die wirksame Interaktion gegenüber der Detailansicht A(1) etwas verringert, jedoch trotzdem effektiv genug, um den Drall so weit zu verringern, dass dieser bis zum Düsenaustritt 4 vollständig (durch z. B. Wandreibung) eliminiert werden kann und ein Vollstrahl 32 austritt. Wie auch im Fall der Detailansicht A(2) kann die Effektivität der Überlagerung erhöht werden, indem z. B. die Drallkammer 6 im Bereich

zwischen Eintrittsbereich 7 und Zusammenführung so weit verlängert wird, dass sich die erste Fluidströmung 12 bis zur Überlagerung mit der zweiten Fluidströmung 14 an die Wand der Drallkammer 6 anlegt. Nach Anlegen der Strömung durchdringt die erste Fluidströmung 12 mit ihren axialen Geschwindigkeitskomponenten die Drallkammer 6 im gesamten Querschnitt ohne ablösungsbedingte Abschwächung im Randbereich und kann die radialen Geschwindigkeitskomponenten der zweiten Fluidströmung 14 im Randbereich der Drallkammer 6 großflächig und sehr effektiv überlagern.

[0116] Ein Verhältnis von 0,7 bis 1,3 des Durchmessers der ersten Fluidleitung 8 zum Durchmesser der Drallkammer 6 ist insbesondere dann empfehlenswert, wenn der Durchmesser des Düsenaustritts 4 zwischen 0,85 und 3,2 mm beträgt und das Verhältnis von der Querschnittsfläche der ersten Fluidleitung 8 zur Querschnittsfläche aller zweiten Fluidleitungen 14 zusammen zwischen 1,2 bis 7,0 liegt.

[0117] Auch mit einem Eintrittsbereich 7, der gemäß den Detailvarianten A(4) und A(5) gestaltet ist, kann eine effektive Überlagerung der Fluidströmungen 12, 14 realisiert werden. Dabei ist der Eintrittsbereich 7 strömungsgestetig ausgeführt, indem der Übergang von der ersten Fluidleitung 8 zur Drallkammer 6 über den Neigungswinkel β (zur Drallkammer 6 hin abfallend) bzw. β' (zur ersten Fluidleitung 8 hin abfallend, mithin zur Drallkammer 6 ansteigend) gestaltet ist. Durch den geneigten Übergang wird ein Ablösen der Fluidströmung 12 vermieden und im Fall einer laminaren Strömung wird diese im laminaren Zustand gehalten. Wenn eine laminare und nicht-viskose Strömung ohne Ablösung von der Wand durch eine Querschnittserweiterung bzw. einen Diffusor (die Drallkammer 6) strömt und der Neigungswinkel hinreichend flach ist, gibt es keine Wirbel bzw. kaum Reibverluste durch Turbulenzen. Die Ausführung eines Diffusors ist aus dem Stand der Technik an sich bekannt. So ist der Öffnungswinkel eine Kennzahl für die Verbreiterung des Strömungsquerschnitts des Diffusors. Bei Kreiselpumpen beträgt der kritische Wert zumeist etwa 8° bis 10° . Bei einem zu großen Öffnungswinkel (überkritischer Diffusor) entsteht eine Dissipation durch Ablösen der Strömung von der Diffusorwand, dadurch kommt es zu starken Verwirbelungen in den Übergangsbereichen zu den Toträumen. Bei einer plötzlichen starken Querschnittserweiterung spricht man auch von einem "Carnotschen Stoßverlust", den entsprechenden Diffusor nennt man Sprungdiffusor. In einem solchen Diffusor kommt die Strömung nach einer Distanz von etwa dem Acht- bis Zehnfachen des großen Durchmessers wieder zum Anliegen

[0118] Bei einer Ablösung der Strömung von der Wand im Eintrittsbereich 7 treten somit Turbulenzen auf. Die Detailvariante A(4) zeigt eine allmähliche Querschnittserweiterung im Eintrittsbereich 7, bei der sich die axialen Geschwindigkeitskomponenten mit zunehmender Querschnittsvergrößerung verringern. Die Detailvariante A(5) zeigt eine allmähliche Querschnittsverengung im Ein-

trittsbereich 7, bei der sich die axialen Geschwindigkeitskomponenten mit zunehmender Querschnittsverkleinerung erhöhen. Für beide Fälle gemäß den Detailvarianten A(4) und A(5) durchdringen die axialen Geschwindigkeitskomponenten der ersten Fluidströmung 12 den Querschnitt der Drallkammer 6 sehr effektiv, ohne dass es zu einer Strömungsablösung und somit Abschwächung der axialen Geschwindigkeitskomponenten im Randbereich der Drallkammer 6 kommt. Damit überlagern die im gesamten Querschnitt der Drallkammer 6 ausgeprägten axialen Geschwindigkeitskomponenten der ersten Fluidströmung 12 die radialen Geschwindigkeitskomponenten der zweiten Fluidströmung 14 im Randbereich der Drallkammer 6 großflächig und sehr effektiv. In der Folge wird es möglich, das Verhältnis des Durchmessers der ersten Fluidleitung 8 zum Durchmesser der Drallkammer 6 über die zuvor genannten Grenzen in beide Richtungen zu erweitern, ohne die ordnungsgemäße, erfindungsgemäße Funktion zu beeinträchtigen.

[0119] Während die Detailvariante A(2) tatsächlich in der Gesamtdarstellung der Düse 1 ausgeführt ist, können die Detailvarianten A(1), A(3), A(4) und A(5) als Alternativen jeweils an deren Stelle treten und je nach Anforderung an deren Stelle treten. Anforderungen können beispielsweise ein kurzer Bauraum der Düse oder ein geringer Druckverlust sein.

[0120] Zentral im Düsenkörper 2 angeordnet ist das Ventil 20, das bei der dargestellten bevorzugten Ausführungsform eine Membranhülse 28 und die Membran 21 aufweist. Das Ventil 20 wird durch eine Düsenverschraubung 3 gehalten, die die beiden Teile des Düsenkörpers 2 aneinander fügt. Zwischen Düsenverschraubung 3 und Düsenkörper 2 ist jeweils ein Dichtring 5 eingesetzt.

[0121] Die Düse verfügt weiterhin über ein Rückschlagventil 18, das ebenfalls über eine Steckverschraubung 17 mit Düsenverschraubung 3 verbunden ist. Das Rückschlagventil 18 dient zur werkzeuglosen Schnellbefüllung des Ventils mit einem Gas, z. B. Druckluft, ohne dass dieses zurückströmt (Abriegelungsfunktion). Das Befüllen mit Druckluft ist werkzeuglos möglich, zum Entlüften ist eine nicht dargestellte Entlüftungsschraube auf der Gegenseite der Düsenverschraubung vorgesehen.

Bezugszeichenliste

[0122]

1	Vorrichtung, Düse
2	Düsenkörper
3	Fluidanschluss
4	Düsenaustritt, Vollstrahldüsenaustritt
5	Dichtring
6	Drallkammer
7	Eintrittsbereich
8	erste Fluidleitung
9	Achsrichtung
10	zweite Fluidleitung

11	Medienschlauch
12	erste Fluidströmung
14	zweite Fluidströmung
16	Verzweigung
5 17	Steckverschraubung
18	Rückschlagventil
20	Ventil
21	Membran
22	vorgespanntes Membranventil
10 23	Druckluftzuführung
24	vorgespanntes Federventil
25	Federanordnung
26	kompressibler, elastischer Ventilkörper
28	Membranhülse
15 29	Permanentmagnetenpaar
30	Strahlform kegelförmiges Spray
32	Strahlform Vollstrahl
42	Austrittsdurchbruch
44	Fasendüsenaustritt
20 46	Radiusdüsenaustritt
α	Eintrittswinkel
β, β'	Neigungswinkel
γ	Sprühwinkel
p	Fluiddruck

25

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur einstellbaren Beeinflussung eines Fluids beim Übertritt in den freien Raum aus einem Düsenaustritt (4), umfassend eine erste Fluidleitung (8), wenigstens eine zweite Fluidleitung (10), eine Drallkammer (6), in die die erste Fluidleitung (8) zentral in einer Achsrichtung (9) und die wenigstens eine zweite Fluidleitung (10) in einer Zylinderwand der Drallkammer (6) auf einer tangentialen Ebene in einem von einer Achsrichtung abweichenden Eintrittswinkel α eintreten, wobei eine erste Fluidströmung (12) in der ersten Fluidleitung (8) in axialer Richtung zu dem Düsenaustritt (4) hin strömt und wenigstens eine zweite Fluidströmung (14) in der wenigstens einen zweiten Fluidleitung (10) an der Zylinderwand in die Drallkammer (6) eintritt, wobei die Vereinigung beider Fluidströmungen (12, 14) in der Drallkammer (6) bewirkt, dass in Abhängigkeit von der Differenz zwischen den Volumenströmen der ersten Fluidströmung (8) und der zweiten Fluidströmung (10) unterschiedliche Strahlgeometrien in den freien Raum aus dem sich an die Drallkammer (6) anschließenden Düsenaustritt (4) austreten, die zwischen einem linearen Vollstrahl (32) und einem kegelförmigen Spray (30) variierbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Fluidleitung (8) ein Ventil (20, 22, 24) zur Einstellung des Volumenstroms der ersten Fluidströmung (12), der die Drallkammer (6) erreicht, aufweist, wobei die Querschnitte der ersten Fluidleitung (8) und der Drallkammer (6) übereinstimmen und entlang der Achsrichtung (9) konstant

- sind, oder wobei die Querschnitte der ersten Fluidleitung (8) und der Drallkammer (6) ein Durchmesser Verhältnis zwischen 1,5 und 0,5, bevorzugt zwischen 1,3 und 0,7 oder besonders bevorzugt zwischen 1,1 und 0,9 aufweisen, und/oder wobei die abweichenden Querschnitte der ersten Fluidleitung (8) und der Drallkammer (6) über einen strömungsstetigen Eintrittsbereich (7) mit einem Neigungswinkel β , β' verbunden sind, bei dem die erste Fluidströmung (12) sich nicht von der Wand ablöst.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei aus dem Düsenaustritt (4) der Vollstrahl (32) austritt, wenn das geöffnete Ventil (6) die erste Fluidleitung (12) freigibt, und aus dem Düsenaustritt (4) das Spray (30) austritt, wenn das geschlossene Ventil (20, 22, 24) die erste Fluidleitung (12) sperrt, sodass nur die wenigstens eine zweite Fluidströmung (14) in die Drallkammer (6) eintritt.
 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei das Ventil (20, 22, 24) entsprechend dem Fluiddruck p , der am Eingang des Ventils (20, 22, 24) anliegt, druckabhängig arbeitet und in einem ersten Fluiddruckbereich in Bezug auf einen Schaltpunktdruck oder einen Übergangsbereich des Ventils (20, 22, 24) geöffnet ist und in einem zweiten Fluiddruckbereich geschlossen ist, wobei der Übergangsbereich zwischen dem ersten Fluiddruckbereich und dem zweiten Fluiddruckbereich mit einem teilweise geschlossenen Ventil ausgebildet wird, in dem sich ein kegelförmiges Spray (30') ausbildet.
 4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, wobei das Ventil (20) einen kompressiblen und elastischen Ventilkörper (26) umfasst oder als ein vorgespanntes Membranventil (22) oder als ein mit mechanischer Federanordnung (25) vorgespanntes Federventil (24) oder mit einem einander anziehenden Permanentmagnetenpaar (29), die auf einen starren oder flexiblen Schließkörper wirken, ausgeführt ist.
 5. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Eintrittswinkel α der zweiten Fluidleitung (10) zwischen 60° und 90° , bezogen auf die Achsrichtung (9), beträgt.
 6. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Fluidleitung (8) und die wenigstens eine zweite Fluidleitung (10) aus wenigstens einer Verzweigung (16) hervorgehen, in der eine am Fluidanschluss (3) eintretende Fluidströmung in Teilströme, die erste Fluidströmung (12) und wenigstens eine zweite Fluidströmung (14), aufgeteilt wird, wobei die wenigstens eine Verzweigung (16) in Strömungsrichtung vor dem Ventil (20, 22, 24) angeordnet ist.
 7. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Fluidleitung (8) einen größeren Querschnitt als die zweite Fluidleitung (10) oder die Summe der Querschnitte der zweiten Fluidleitungen (10) aufweist.
 8. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Düsenaustritt als ein Vollstrahldüsenaustritt (4), ein Fasendüsenaustritt (44) oder/und ein Radiusdüsenaustritt (46) ausgebildet ist.
 9. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Vorrichtung (1) als eine Reinigungsdüse ausgeführt und zur Abgabe einer Reinigungsflüssigkeit vorgesehen ist.
 10. Düsenanordnung, die wenigstens zwei Düsen (1) umfasst, in die ein Fluid über einen zumindest strömungstechnisch mit einer Zuleitung verbundenen Fluidanschluss (3) oder über separate Fluidanschlüsse für die wenigstens zwei Düsen (1), mit jeweils einstellbarem Fluiddruck (p), eintritt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Düsen (1) Vorrichtungen gemäß einem der Ansprüche 2 bis 9 sind und Ventile (20, 22, 24) mit jeweils separat einstellbaren Schaltpunkt drücken aufweisen, sodass die Ventile (20, 22, 24) in Abhängigkeit vom Fluiddruck (p) unterschiedlich geschaltet und der Austritt des Vollstrahls (32) und des kegelförmigen Sprays (30) in der Weise variiert werden kann, dass alle oder ein Teil der Düsen (1) den linearen Vollstrahl (32) oder das Spray (30) abgeben.
 11. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur einstellbaren Beeinflussung eines Fluids beim Übertritt in den freien Raum aus einem Düsenaustritt (4) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend eine erste und eine zweite Einstellungen, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der ersten Einstellung der lineare Vollstrahl (32) austritt, indem die erste Fluidströmung (12) das geöffnete Ventil (20, 22, 24) passiert und zusammen mit der zweiten Fluidströmung (14) in die Drallkammer (6) eintritt, wobei in der zweiten Einstellung das kegelförmige Spray (6) austritt, indem die erste Fluidströmung (12) durch das geschlossene Ventil (20, 22, 24) gehindert wird, in die Drallkammer (6) einzutreten und dort die Ausbildung des Dralls der zweiten Fluidströmung (14) zu beeinflussen.
 12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Ventil (20, 22, 24) an einem Schaltpunkt druck oder über einen Übergangsbereich hinweg seinen Schaltzustand ändert, indem es bei Erreichen eines Öffnungsdruckbereichs der ersten Fluidströmung (12) öffnet und bei Erreichen eines Schließdruckbereichs der ersten Fluidströmung (12) schließt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Öffnungsdruckbereich der ersten Fluidströmung (12) über dem Schließdruckbereich liegt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das kegelförmige Spray (30) oder der lineare Vollstrahl (32) von einem Pulsationseffekt überlagert wird, wenn bei geschlossenem Ventil (20, 22, 24) die zweite Fluidströmung (14) unter einem Pulsationsdruck steht.
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Pulsationsdruck sich über wenigstens einen Pulsationsdruckbereich erstreckt und die Pulsation über den Pulsationsdruckbereich hinweg ihre Eigenschaften ändert.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

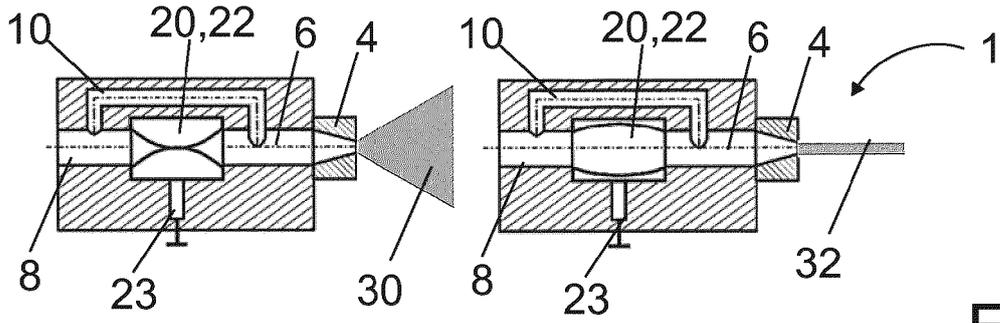


Fig. 3

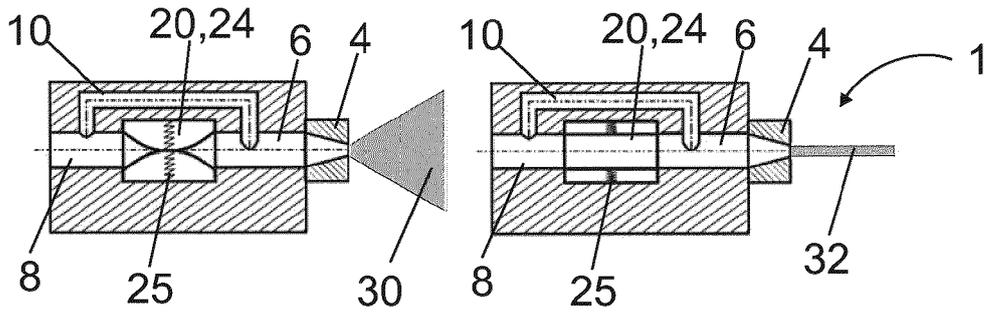


Fig. 4a

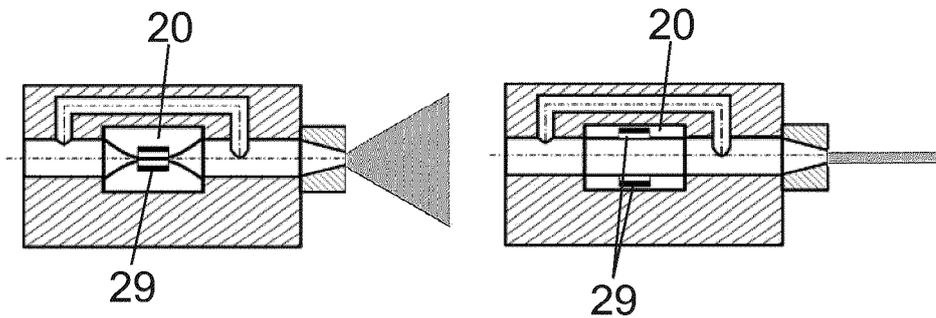


Fig. 4b

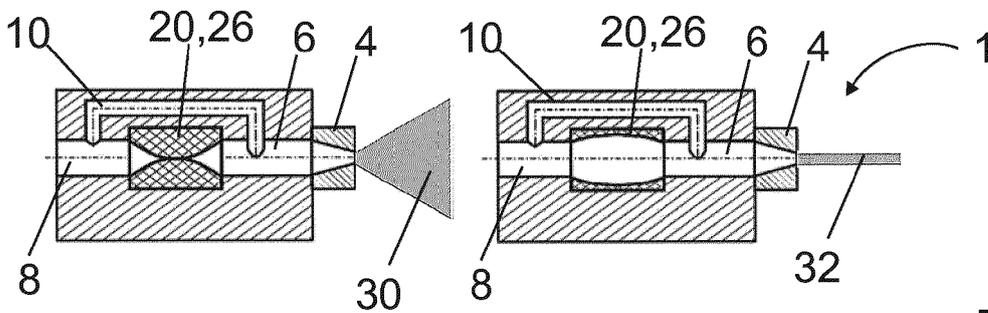


Fig. 5

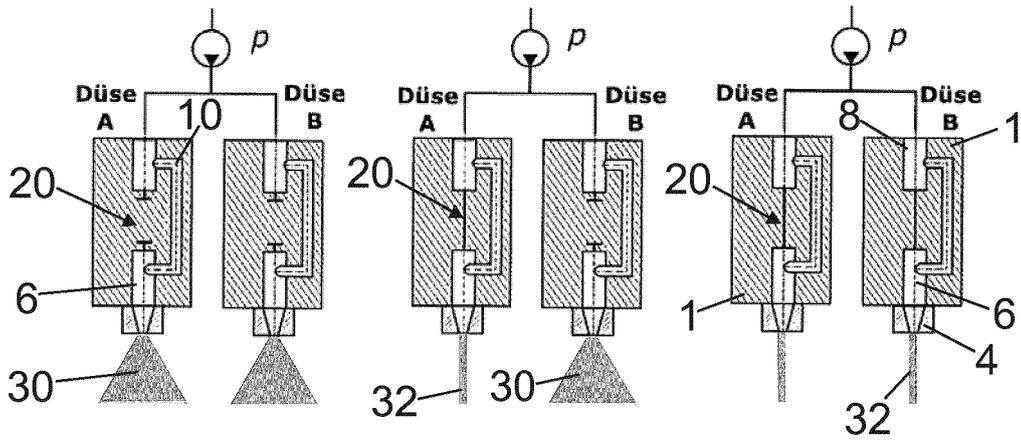


Fig. 6

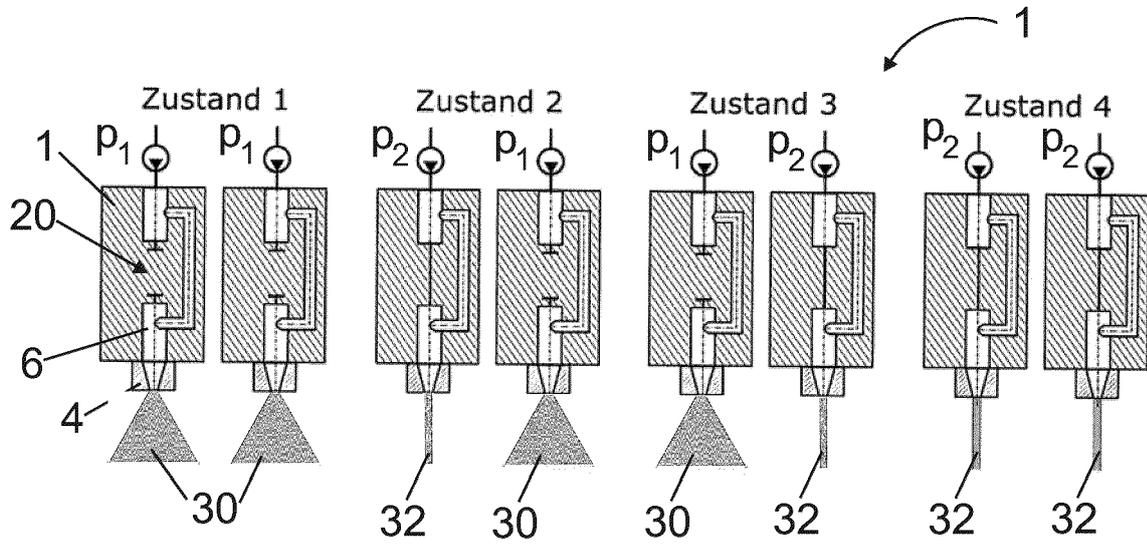


Fig. 7

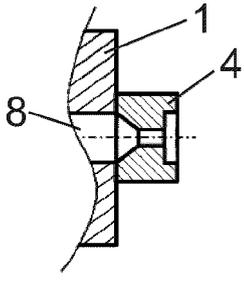


Fig. 8

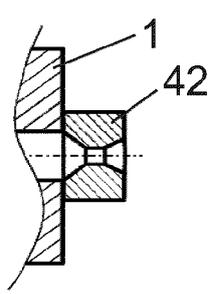


Fig. 9

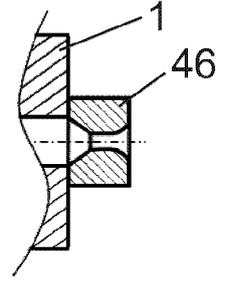
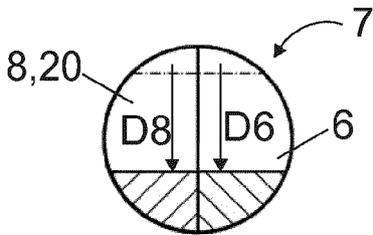
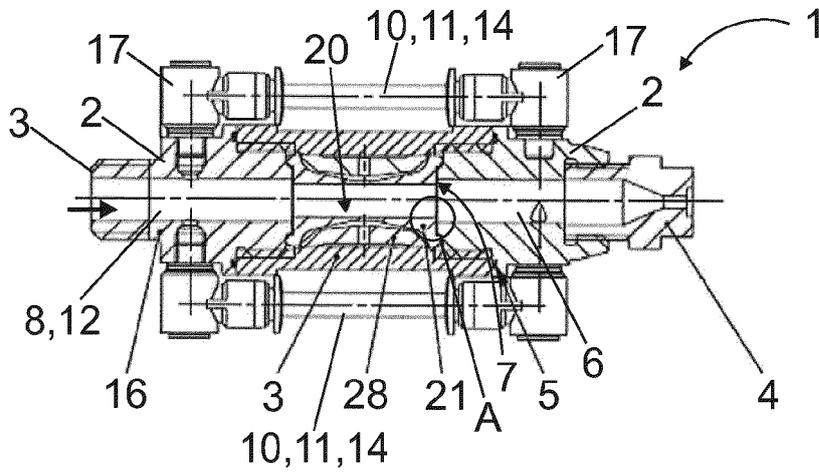
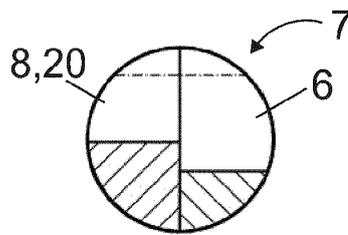


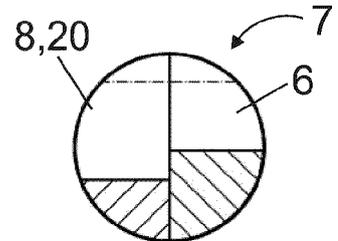
Fig. 10



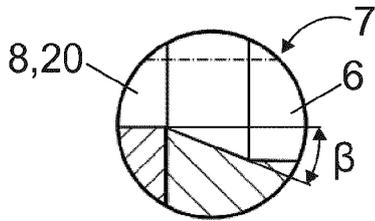
Detail A(1)



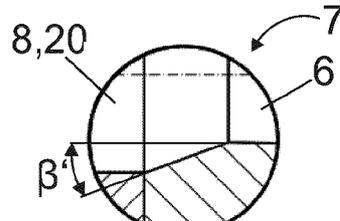
Detail A(2)



Detail A(3)



Detail A(4)



Detail A(5)

Fig. 11

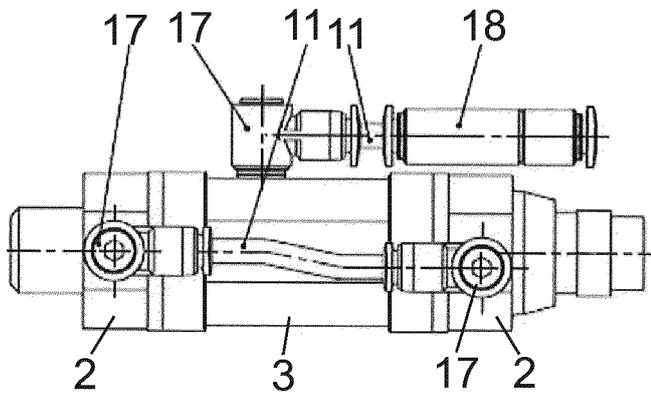


Fig. 12



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 21 4712

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 102 34 872 A1 (VALEO AUTO ELECTRIC GMBH [DE]) 19. Februar 2004 (2004-02-19)	1-6, 8, 9, 11, 12	INV. B05B1/12
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-8 * * Absatz [0034] - Absatz [0053] * -----	10	B05B1/34 B05B9/03 B05B12/08
X	DE 101 49 981 A1 (VALEO AUTO ELECTRIC GMBH [DE]) 8. Mai 2003 (2003-05-08)	1-6, 8, 9, 11, 12	B05B1/30 B08B9/08
	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 * * Absatz [0008] - Absatz [0031] * -----		
X	EP 2 059 347 B1 (VALIANT CORP [CA]) 4. August 2010 (2010-08-04)	1, 7	
	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 * * Absatz [0012] - Absatz [0025] * -----		
Y	EP 0 140 505 B1 (CERA LTD [GB]) 15. März 1989 (1989-03-15)	10	
	* Zusammenfassung; Abbildungen 1, 9 * -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B05B B08B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. April 2023	Prüfer Frego, Maria Chiara
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

1
EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

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

EP 22 21 4712

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.

28-04-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10234872 A1	19-02-2004	AT 415322 T	15-12-2008
		AU 2003253342 A1	23-02-2004
		CN 1671582 A	21-09-2005
		DE 10234872 A1	19-02-2004
		EP 1525125 A1	27-04-2005
		JP 2005534559 A	17-11-2005
		KR 20050044897 A	13-05-2005
		US 2006054224 A1	16-03-2006
		WO 2004012968 A1	12-02-2004
DE 10149981 A1	08-05-2003	DE 10149981 A1	08-05-2003
		WO 03033317 A1	24-04-2003
EP 2059347 B1	04-08-2010	AT 476259 T	15-08-2010
		CA 2661336 A1	28-02-2008
		CN 101553318 A	07-10-2009
		EP 2059347 A2	20-05-2009
		ES 2349707 T3	10-01-2011
		KR 20090042327 A	29-04-2009
		PL 2059347 T3	31-01-2011
		US 2008048048 A1	28-02-2008
		WO 2008023252 A2	28-02-2008
EP 0140505 B1	15-03-1989	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10009573 A1 [0006] [0011] [0013]
- EP 1885910 B1 [0006]
- WO 2004056489 A1 [0006]
- DE 2733102 A1 [0007] [0011]
- EP 0121877 B1 [0008]
- DE 4324731 A1 [0009]
- DE 102016203769 A1 [0009]
- DE 102005013127 B4 [0009]
- EP 0724913 A2 [0009]
- EP 2441522 A2 [0009]
- DE 10234872 A1 [0010]
- DE 10149981 A1 [0010]
- DE 102007054673 B4 [0011]
- GB 720859 A [0011]
- EP 0927562 A2 [0011] [0013]
- DE 10259563 A1 [0011]
- EP 0140505 B1 [0011]
- CN 206701530 [0011]
- EP 2059347 B1 [0011]
- CN 108014935 BB [0011]
- US 3746262 A [0012]