

Dosiersystem mit Kühleinrichtung

5 Die Erfindung betrifft ein Dosiersystem für einen Dosierstoff mit einer Düse, einem Zuführkanal für Dosierstoff, einem Ausstoßelement, einer mit dem Ausstoßelement und/oder der Düse gekoppelten Aktoreinheit mit einem Piezoaktor sowie einer Kühleinrichtung. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Dosiersystems.

10

Dosiersysteme der eingangs genannten Art werden üblicherweise dazu eingesetzt, ein zu dosierendes Medium, typischerweise ein flüssiger bis zähflüssiger Dosierstoff, gezielt zu dosieren. Im Rahmen der sogenannten „Mikrodosiertechnik“ ist es dabei oftmals erforderlich, dass sehr geringe Mengen eines Dosierstoffs punktgenau und zwar berührungslos,
15 d. h. ohne einen direkten Kontakt zwischen dem Dosiersystem und einer Zieloberfläche, auf eine Zieloberfläche aufgebracht werden. Ein solches kontaktloses Verfahren wird häufig auch als „Jet-Verfahren“ bezeichnet. Ein typisches Beispiel dafür ist die Dosierung von Klebstoffpunkten, Lötpasten etc. bei der Bestückung von Leiterplatten oder anderen elektronischen Elementen, oder die Aufbringung von Konverter-Materialien für LEDs.

20

Eine wichtige Anforderung besteht dabei darin, die Dosierstoffe hochgenau, das heißt zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort und in einer genau dosierten Menge auf die Zieloberfläche zu befördern. Dies kann beispielsweise durch eine tröpfchenweise Abgabe des Dosierstoffs über eine Düse des Dosiersystems erfolgen. Dabei kommt das Medium
25 nur mit einem Innenraum der Düse und einem, zumeist vorderen, Bereich eines Ausstoßelements des Dosiersystems in Kontakt. Ein bevorzugtes Verfahren ist hierbei ein Ausstoß von einzelnen Tröpfchen in einer Art „Ink-Jet-Verfahren“, wie es u. a. auch in Tintenstrahldruckern genutzt wird. Die Größe der Tröpfchen bzw. die Menge des Mediums pro Tröpfchen sind durch den Aufbau und die Ansteuerung sowie durch die dadurch erzielte
30 Wirkung der Düse möglichst genau vorherbestimmbar. Alternativ kann der Dosierstoff auch in einem Strahl aufgespritzt werden.

Zur Abgabe des Mediums aus dem Dosiersystem kann in der Düse des Dosiersystems ein bewegliches Ausstoßelement (in der Regel ein Stößel) angeordnet sein. Das Ausstoßelement kann im Inneren der Düse mit relativ hoher Geschwindigkeit in Richtung einer Düsenöffnung bzw. Austrittsöffnung nach vorne gestoßen werden, wodurch ein Tropfen des Mediums ausgestoßen wird und anschließend wieder zurückgezogen werden.
35

Alternativ kann die Düse des Dosiersystems selber in einer Ausstoß- bzw. Rückzugsrichtung bewegt werden. Zur Abgabe des Dosierstoffs werden die Düse und ein im Inneren der Düse angeordnetes Ausstoßelement in einer Relativbewegung aufeinander zu bzw.
5 voneinander weg bewegt. Dabei kann die Relativbewegung entweder alleinig durch eine Bewegung der Austrittsöffnung bzw. der Düse erfolgen oder zumindest teilweise auch durch eine entsprechende Bewegung des Ausstoßelements.

Üblicherweise kann das Ausstoßelement zudem in eine Verschlussstellung gebracht werden, indem es in der Düse an einem Dichtsitz der Düsenöffnung fest anschließt und dort
10 vorübergehend verbleibt. Bei zähflüssigeren Dosierstoffen kann es auch ausreichen, dass das Ausstoßelement einfach in der Rückzugsstellung, d. h. vom Dichtsitz entfernt verbleibt, ohne dass ein Tropfen des Mediums austritt.

15 Die vorliegende Erfindung kann bei allen vorgenannten Varianten unabhängig vom konkreten Ausstoßprinzip eingesetzt werden, d. h. bei einem Jet-Verfahren, einem offenen Ink-Jet-Verfahren, einem klassischen Verschlusselement oder einer beweglich ausgebildeten Düse.

20 Die Bewegung des Ausstoßelements und/oder der Düse erfolgt üblicherweise mit Hilfe eines Aktorsystems des Dosiersystems. Um die vom Aktorsystem erzeugte Kraft auf das Ausstoßelement zu übertragen, umfasst das Dosiersystem typischerweise einen mit dem Aktorsystem und dem Ausstoßelement gekoppelten Bewegungsmechanismus. Der Bewegungsmechanismus kann z. B. mittels eines Hebels realisiert sein, auf den das Aktorsystem
25 aufgelagert ist. Der Hebel selbst kann auf einem Hebellager aufliegen und um eine Kippachse so verkippt sein, dass die Bewegung des Aktorsystems über eine Kontaktfläche des Hebels an das Ausstoßelement übertragen wird. Abhängig vom konkreten Ausstoßprinzip kann der Bewegungsmechanismus aber auch dazu ausgebildet sein, die vom Aktorsystem erzeugte Kraft zur Bewegung der Düse zu übertragen.

30 Das Aktorsystem kann auf verschiedene Weise realisiert sein, wobei insbesondere bei Anwendungen, die eine hochfeine Dosierungsauflösung erfordern, bevorzugt Piezoaktoren Verwendung finden. Piezoaktoren, die auch als piezoelektrisch betriebene Aktoren bezeichnet werden, haben gegenüber anderen Arten von Aktoren, z. B. hydraulisch,
35 pneumatisch und/oder elektromagnetisch betriebenen Aktoren, den Vorteil der sehr präzisen und vor allem schnellen Steuerbarkeit. Vorteilhafterweise zeichnen sich Piezoaktoren

durch äußert kurze Reaktions- bzw. Ansprechzeiten aus, welche üblicherweise deutlich unter den entsprechenden Werten von anderen Aktorprinzipien liegen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Piezoaktoren gegenüber anderen Arten von Aktoren vergleichsweise wenig Bauraum innerhalb eines Dosiersystems beanspruchen. Somit bieten Piezoaktoren
5 eine effiziente Lösung für den Betrieb von Dosiersystemen, insbesondere bei hochfeinen Dosierungsanforderungen.

Ungeachtet dieser Vorteile stellen Piezoaktoren Bauteile dar, in denen große Verlustleistungen umgesetzt werden, was eine starke Erwärmung des piezoelektrischen Materials
10 verursachen kann. Da Piezoaktoren ein temperaturabhängiges Verhalten aufweisen, kann eine Erwärmung des Aktormaterials gleichermaßen die Längsausdehnung des Piezoaktors im ruhenden (nicht expandierten) Zustand sowie die Auslenkung des Piezoaktors unter Spannung beeinflussen. Neben dem Piezoaktor können sich im Betrieb des Dosiersystems auch die Komponenten des Bewegungsmechanismus auf Grund entstehender
15 Reibungswärme erwärmen, besonders bei hochfrequenten Dosieranforderungen.

Eine thermisch bedingte Expansion einer oder mehrerer der vorgenannten Komponenten kann zu einer unerwünschten Veränderung des Hubprozesses des Ausstoßelements führen, so dass die jeweils abgegebene Dosierstoffmenge im Betrieb des Dosiersystems
20 zunehmend von einem Sollwert abweichen kann. Folglich können die Temperaturen des Piezoaktors und des Bewegungsmechanismus eine unmittelbare Auswirkung auf die Präzision des Dosiersystems haben.

Um einer Aufheizung des Piezoaktors entgegen zu wirken, kann der gesamte Piezoaktor
25 mit komprimierter Raumluft bzw. Pressluft umströmt ausgeführt sein, da in den meisten Dosiersystem-Anlagen ohnehin Pressluft zur Verfügung steht. Der Bewegungsmechanismus wird dabei nicht gesondert angeströmt, sondern wird lediglich von der Abluft des Piezoaktors mit umströmt. Es hat sich dabei als nachteilig herausgestellt, dass mit steigender Umgebungstemperatur des Dosiersystems mittels der Pressluft nicht mehr genug Wärme
30 vom Piezoaktor abgeführt werden kann, um den Piezoaktor sowie andere Temperatursensible Bereiche des Dosiersystems dauerhaft unterhalb einer für den präzisen Betrieb des Dosiersystems kritischen Temperatur zu halten.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Dosiersystem für einen Dosierstoff,
35 ein Verfahren zum Betrieb und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Dosier-

systems bereit zu stellen, mit dem die zuvor erläuterten Nachteile vermieden werden können und mit dem die Dosier-Präzision des Dosiersystems verbessert wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Dosiersystem gemäß Patentanspruch 1, ein Verfahren zum Betrieb eines Dosiersystems gemäß Patentanspruch 14 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Dosiersystems gemäß Patentanspruch 15 gelöst.

Ein erfindungsgemäßes Dosiersystem für einen flüssigen bis zähflüssigen Dosierstoff umfasst zumindest eine Düse, einen Zuführkanal für Dosierstoff, ein Ausstoßelement, eine mit dem Ausstoßelement und/oder der Düse gekoppelte Aktoreinheit mit wenigstens einem Piezoaktor, um das Ausstoßelement und/oder die Düse zu bewegen, und eine Kühleinrichtung. Im Folgenden wird der Begriff Stößel als Synonym für ein Ausstoßelement verwendet, ohne die Erfindung darauf zu beschränken.

Die Abgabe des Dosierstoffs aus dem erfindungsgemäßen Dosiersystem kann nach einer der eingangs erläuterten Arten erfolgen, d. h. das Dosiersystem ist nicht auf ein konkretes Ausstoß- bzw. Funktionsprinzip beschränkt. Entsprechend kann – wie das meist der Fall ist – in der Düse des Dosiersystems (insbesondere im Bereich der Düse z. B. kurz vor der Austrittsöffnung) ein mit relativ hoher Geschwindigkeit bewegbares Ausstoßelement zum Ausstoßen des Dosierstoffs aus der Düse angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich kann wie erwähnt eine Austrittsöffnung des erfindungsgemäßen Dosiersystems bewegbar ausgebildet sein. Dennoch wird im Folgenden der besseren Verständlichkeit wegen davon ausgegangen, dass die Dosierstoffabgabe mittels eines bewegbaren Ausstoßelements erfolgt, z. B. einem Stößel. Allerdings soll die Erfindung nicht darauf beschränkt sein.

Die Aktoreinheit umfasst zumindest einen Piezoaktor und einen mit dem Piezoaktor funktional zusammenwirkenden Bewegungsmechanismus, der wie eingangs erläutert vorzugsweise wenigstens einen Hebel und ein Hebellager umfassen kann. Von der Aktoreinheit zu unterscheiden ist eine Fluidikeinheit des Dosiersystems, welche die mit dem Dosierstoff in Berührung kommenden Komponenten umfasst, also z. B. den Zuführkanal, die Düse und den Stößel.

Der Bewegungsmechanismus der Aktoreinheit ist dazu ausgebildet, das Ausstoßelement mit dem zumindest einen Piezoaktor des Dosiersystems funktional zu koppeln. Die Koppelung erfolgt derart, dass die vom Piezoaktor ausgeübten Kräfte und Bewegungen so weitergeleitet werden, dass hieraus die gewünschte Bewegung des Ausstoßelements zur

Abgabe des Dosierstoffs aus der Düse resultiert. Der Bewegungsmechanismus stellt also eine, vorzugsweise mehrteilige, kraftübertragende zumindest zeitweise Kopplung dar, um die Auslenkung des Piezoaktors in eine, bevorzugt vertikale, Bewegung des Ausstoßelements umzuwandeln. Vorzugsweise ist die Kopplung zwischen dem Bewegungsmechanismus und dem Ausstoßelement keine feste Kopplung. Das bedeutet, die beiden Komponenten sind zur Kopplung vorzugsweise nicht miteinander verschraubt, verschweißt, verklebt etc.

Erfindungsgemäß umfasst das Dosiersystem eine Kühleinrichtung mit einer Zuführeinrichtung zum Zuführen eines vorgekühlten Kühlmediums in ein Gehäuse des Dosiersystems, insbesondere in ein Gehäuse der Aktoreinheit. Das Gehäuse der Aktoreinheit begrenzt die Aktoreinheit gegenüber einer Umgebungsatmosphäre des Dosiersystems, d. h. es bildet eine Umhüllung der Aktoreinheit aus, und umfasst daher zumindest einen Piezoaktor sowie den Bewegungsmechanismus des Dosiersystems.

Die erfindungsgemäße Zuführeinrichtung weist eine Anzahl von, also eine oder mehrere, Anschluss- bzw. Koppelstellen für eine (externe) Kühlmedium-Zuleitung in einem Bereich des Gehäuses auf, sowie eine sich an die (jeweilige) Koppelstelle anschließende und bis in einen Innenraum des Gehäuses erstreckende Zuführkanal-Anordnung auf. Die Zuführeinrichtung kann weiterhin eine Anzahl von Komponenten zur Regulierung eines Volumenstroms und/oder Drucks des in das Gehäuse einströmenden Kühlmediums umfassen, z. B. eine Pumpe bzw. ein Proportionalventil, sowie ggf. weitere Bauteile.

Erfindungsgemäß ist die Kühleinrichtung zur direkten, überwiegend selektiven Kühlung zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors und/oder des mit dem Piezoaktor gekoppelten Bewegungsmechanismus der Aktoreinheit mittels des vorgekühlten Kühlmediums ausgebildet. Eine „direkte“ Kühlung eines Teilbereichs bedeutet, dass der jeweilige Teilbereich, insbesondere dessen Oberfläche, im Fokus der Kühlung steht. Bevorzugt kann der jeweilige Teilbereich unmittelbar mit dem vorgekühlten Kühlmedium angeströmt bzw. angeblasen werden. Erfindungsgemäß erfolgt die Kühlung eines Teilbereichs im Gehäuse selber, d. h. direkt „vor Ort“. Die Kühlung erfolgt also nicht „indirekt“, indem das Gehäuse oder Teile davon von außerhalb gekühlt werden (z. B. mittels Konduktion).

Erfindungsgemäß kann mittels der Kühleinrichtung lediglich ein einzelner Teilbereich, d. h. ein begrenzter Bereich bzw. Abschnitt einer Oberfläche des Piezoaktors bzw. des Bewegungsmechanismus überwiegend selektiv, gezielt mit Kühlmedium beaufschlagt werden.

Daher kann die Kühleinrichtung strömungslenkende Elemente innerhalb des Gehäuses umfassen, z. B. separat ansteuerbare Strömungskanäle, Leitbleche, Lüfter etc., um das Kühlmedium gezielt zu einem bestimmten Teilbereich zu leiten. Entsprechend kann es Bereiche der Oberfläche des Piezoaktors bzw. Bewegungsmechanismus geben, die nicht von dem zu kühlenden Teilbereich umfasst sind, und daher von der direkten Kühlung ausgenommen sind. Es ist allerdings bevorzugt, dass eine Anzahl von Teilbereichen, d. h. ein oder mehrere Teilbereiche, welche in Summe im Wesentlichen die gesamte Oberfläche des Piezoaktors bzw. der Komponenten des Bewegungsmechanismus umfassen, direkt mit dem Kühlmedium beaufschlagt wird, so dass die Erfindung nachfolgend, ohne eine Beschränkung darauf, anhand dieser Ausführungsform beschrieben wird.

Aufgrund der Selektivität der Kühlung werden ausschließlich die zu kühlenden Teilbereiche des Piezoaktors bzw. des Bewegungsmechanismus, z. B. deren gesamte Oberfläche, direkt mit dem Kühlmedium angeströmt bzw. angeblasen.

15

Eine reine Beströmung anderer Bereiche des Dosiersystems mit dem Kühlmedium als (Teil-)Bereiche des Piezoaktors bzw. des Bewegungsmechanismus, z. B. eine Außenseite des Gehäuses, fällt nicht unter die Erfindung. Auch die im Inneren des Gehäuses liegende Bereiche des Gehäuses, z. B. die Wandungen, welche eine den Piezoaktor umgebende Kammer (Aktorkammer) und eine den Bewegungsmechanismus umgebende Kammer ausbilden, sind nicht Ziel der direkten Kühlung. Diese Bereiche bzw. Oberflächen des Dosiersystems, die nicht von einem zu kühlenden Teilbereich umfassten sind, werden also nicht gezielt von dem Kühlmedium angeströmt bzw. angeblasen, sondern lediglich „mitbeströmt“. Das bedeutet, das Kühlmedium passiert diese Bereiche zwar notwendigerweise auf dem Weg von der Zuführeinrichtung zu einer Austrittsöffnung aus dem Gehäuse, wobei die Bereiche selber nicht im Fokus der direkten Kühlung durch die Kühleinrichtung stehen.

Erfindungsgemäß kann die Kühleinrichtung dazu ausgebildet sein, ausschließlich eine Anzahl von Teilbereichen von einem oder mehreren Piezoaktoren selektiv zu kühlen. Das bedeutet, der Bewegungsmechanismus wäre von der direkten Kühlung nicht betroffen. Alternativ könnte die direkte Kühlung aber auch nur auf einen oder mehrere Teilbereiche des Bewegungsmechanismus gerichtet sein, wobei der Piezoaktor von der direkten Kühlung nicht umfasst wäre. Vorteilhafterweise können der Piezoaktor und der Bewegungsmechanismus also separat mittels der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung gekühlt werden. Alternativ kann die Kühleinrichtung aber auch dazu ausgebildet sein, eine Anzahl

von Teilbereichen des Piezoaktors und des Bewegungsmechanismus als eine Einheit direkt zu kühlen, wie später noch erläutert wird.

Unter einem vorgekühlten Kühlmedium ist im Rahmen der Erfindung zu verstehen, dass
5 das Kühlmedium, zumindest zum Zeitpunkt des Eintritts in das Gehäuse, eine vorgebbare (Soll-)Temperatur aufweist. Dabei ist die (Soll-)Temperatur des Kühlmediums in Folge einer Abkühlung geringer, unter Umständen auch deutlich niedriger, als eine Umgebungstemperatur des Dosiersystems. Damit unterscheidet sich die erfindungsgemäße „echte“ Kühlung mit einem abgekühlten Kühlmedium von einer Umströmung des Piezoaktors mit
10 komprimierter Raumluft zu „Kühlzwecken“. Zum Erreichen einer bestimmten (Soll-)Temperatur des Kühlmediums wird das Kühlmedium vor der Zuführung in das Gehäuse einer Kühlung bzw. Entwärmung unterzogen, d. h. dem Kühlmedium wird gezielt Wärme bzw. thermische Energie entzogen, beispielsweise mittels einer Kälteerzeugungsvorrichtung der Kühleinrichtung wie später noch erläutert wird. Vorzugsweise kann das vorge-
15 kühlte Kühlmedium zum Zeitpunkt des Eintritts in das Gehäuse eine (Soll-)Temperatur von höchstens 18°C, bevorzugt von höchstens 10°C, besonders bevorzugt von höchstens 1°C aufweisen.

Vorteilhafterweise lässt sich mittels des erfindungsgemäßen Dosiersystems erreichen,
20 dass die im Betrieb des Dosiersystems entstehende Prozesswärme besonders wirksam vom Piezoaktor bzw. Bewegungsmechanismus abgeführt wird. Im Gegensatz zu einer Umströmung des Piezoaktors nur mit komprimierter Raumluft führt die erfindungsgemäße „echte“ und gezielte bzw. gerichtete Kühlung zu einer deutlichen Verbesserung der Kühlleistung, so dass bei gleichem Volumenstrom des Kühlmediums wesentlich mehr Wärmeenergie je Zeiteinheit von einer direkt zu kühlenden Oberfläche abgeführt werden kann.
25 Dadurch können die besonders Temperatur-sensiblen Komponenten des Dosiersystems (z. B. Piezoaktor und Bewegungsmechanismus) auch bei hohen Außentemperaturen so gekühlt werden, dass die eingangs erläuterte unerwünschte thermisch bedingte Expansion dieser Komponenten verhindert wird und eine dauerhaft hohe Präzision des Dosiersystems erreicht wird. Aufgrund der besonders effektiven Kühlung kann das Dosiersystem
30 auch bei hohen Umgebungstemperaturen mit einer maximalen Dosierfrequenz betrieben werden. Weiterhin vorteilhaft können mittels der Kühleinrichtung gezielt und selektiv die Temperatur-sensiblen Komponenten des Dosiersystems gekühlt werden, wobei auf eine Kühlung der übrigen Komponenten bzw. des Gehäuses selber verzichtet werden kann.
35 Damit kann der Verbrauch an vorgekühltem Kühlmedium reduziert werden.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines Dosiersystems zur Dosierung von Dosierstoff, wobei das Dosiersystem eine Düse, einen Zuführkanal für Dosierstoff, ein Ausstoßelement, eine mit dem Ausstoßelement und/oder der Düse gekoppelte Aktoreinheit mit einem Piezoaktor sowie eine Kühleinrichtung umfasst, wird einem Inneren eines Gehäuses des Dosiersystems, insbesondere einem Gehäuse der Aktoreinheit, ein vorgekühltes Kühlmedium mittels einer Zuführeinrichtung der Kühleinrichtung zugeführt. Erfindungsgemäß werden ein oder mehrere Teilbereiche des Piezoaktors mittels des vorgekühlten Kühlmediums durch die Kühleinrichtung direkt gekühlt. Alternativ oder zusätzlich wird zumindest ein Teilbereich eines mit dem Piezoaktor gekoppelten Bewegungsmechanismus der Aktoreinheit mittels des vorgekühlten Kühlmediums durch die Kühleinrichtung direkt gekühlt, d. h. gezielt bzw. fokussiert mit dem Kühlmedium angeströmt bzw. angeblasen. Bevorzugt kann eine Anzahl von Teilbereichen, welche zusammengekommen die Oberfläche des Piezoaktors und/oder des Bewegungsmechanismus umfassen, direkt gekühlt werden. Um eine Anzahl von Teilbereichen direkt zu kühlen, kann die Kühleinrichtung mittels einer mit dem Dosiersystem gekoppelten Steuer- und/oder Regeleinheit entsprechend angesteuert und/oder geregelt werden, wie später erläutert wird.

Bei einem Verfahren zur Herstellung eines Dosiersystems zur Dosierung von Dosierstoff mit einer Aktoreinheit mit wenigstens einem Piezoaktor wird das Dosiersystem mit einer Kühleinrichtung ausgestattet. Die Kühleinrichtung wird mit einer Zuführeinrichtung zum Zuführen eines vorgekühlten Kühlmediums in ein Gehäuse des Dosiersystems bestückt. Erfindungsgemäß wird das Dosiersystem, insbesondere die Kühleinrichtung, so ausgebildet, dass zumindest ein Teilbereich des Piezoaktors und/oder eines mit dem Piezoaktor gekoppelten Bewegungsmechanismus mittels des vorgekühlten Kühlmediums im Betrieb des Dosiersystems direkt gekühlt werden kann.

Weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung, wobei die unabhängigen Ansprüche einer Anspruchskategorie auch analog zu den abhängigen Ansprüchen und Ausführungsbeispielen einer anderen Anspruchskategorie weitergebildet sein können und insbesondere auch einzelne Merkmale verschiedener Ausführungsbeispiele bzw. Varianten zu neuen Ausführungsbeispielen bzw. Varianten kombiniert werden können.

Der zumindest eine Piezoaktor des Dosiersystems kann ein wenigstens abschnittsweise flexibel ausgestaltetes Aktor-Gehäuse umfassen, z. B. einen faltenartigen Metall-Balg, in

welches eine Anzahl von Piezoelementen hermetisch dicht eingekapselt ist. Das bedeutet, dass der eigentlich „aktive“ Piezoaktor, vorzugsweise ein monolithischer piezokeramischer Vielschichtaktor mit einer Anzahl von gestapelten Schichten eines piezoelektrisch aktiven Materials, so im Inneren einer separaten Aktorhülle (als Aktor-Gehäuse) angeordnet sein kann, dass der Stapel von Piezoelementen (Piezostapel bzw. Piezostack) gegenüber der Aktorkammer bzw. dem Dosiersystem vollständig abgeschottet ist. Da die Aktorhülle dauerhaft mit dem darin eingekapselten Piezostapel verbunden ist bzw. die beiden Komponenten eine funktionale Einheit bilden, wird die Aktorhülle im Rahmen der Erfindung als Bestandteil des Piezoaktors betrachtet.

10

Die Aktorhülle des zumindest einen Piezostapels ist vorzugsweise dazu ausgebildet, dass auch im Betrieb des Dosiersystems, d. h. bei einer Auslenkung des Piezostapels, keine Stoffe bzw. Substanzen die Aktorhülle von außen nach innen bzw. in umgekehrter Richtung durchdringen können. Insbesondere ist die Aktorhülle so ausgebildet, dass sie undurchlässig für Wasser bzw. Feuchtigkeit im Allgemeinen ist. Auf Grund der Kapselung wird bei dieser Ausführungsform der Erfindung wenigstens ein Teilbereich einer äußeren, vom Piezostapel weg weisenden Oberfläche bzw. Außenseite der Aktorhülle, vorzugsweise deren gesamte Oberfläche, direkt mit Kühlmedium angeströmt bzw. angeblasen.

Um den gekapselten Piezostapel besonders effizient zu kühlen, kann in der Aktorhülle ein den Piezostapel umgebendes wärmeleitendes Medium zur Abführung von Wärme von einer Oberfläche des Piezostapels angeordnet sein. Bevorzugt kann das wärmeleitende Medium so ausgebildet sein, dass Wärme von der Piezostapel-Oberfläche mittels Konduktion und/oder Konvektion an die Aktorhülle, z. B. einen Metallkörper, übertragen wird. Vorzugsweise kann die Piezostapel-Oberfläche eine Wärmeübertragungsfläche für Wärmequelle darstellen, wobei zumindest ein (zu kühlender) Teilbereich der Aktorhülle als Wärmeübertragungsfläche für Wärmesenke ausgebildet sein kann. Alternativ oder zusätzlich kann die Aktorhülle auch ein Medium zu Feuchtigkeitsunterdrückung umfassen.

Vorteilhafterweise kann bei einem Dosiersystem mit zumindest einem hermetisch eingekapselten Piezostapel erreicht werden, dass das piezoelektrisch aktive Material auch während des Betriebs des Dosiersystems von schädlichen äußeren (Umwelt-)Einflüssen des Dosiersystems, insbesondere Feuchtigkeit, überwiegend vollständig abgeschirmt ist, wobei die „Langlebigkeit“ des Piezoaktors erheblich verbessert wird. Mittels der besonders effektiven Kühleinrichtung des Dosiersystems wird sichergestellt, dass der Piezostapel trotz der Kapselung, welche sich im Betrieb im Inneren stark erwärmen kann, ausrei-

35

chend gekühlt wird. Somit kann neben der Präzision auch die (unterbrechungsfreie) Einsatzdauer des Dosiersystems deutlich erhöht werden. Weiterhin vorteilhaft kann zur Kühlung ein flüssiges bzw. wässriges Kühlmedium verwendet werden, da eine Betauung des piezoelektrisch aktiven Materials auf Grund der hermetisch dichten Kapselung verhindert wird.

Für eine möglichst effiziente Kühlung kann die Kühleinrichtung dazu ausgebildet sein, die direkte Kühlung zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors und/oder des mit dem Piezoaktor gekoppelten Bewegungsmechanismus mittels einer Steuer- und/oder Regeleinheit in Abhängigkeit zumindest eines in Folge des Betriebs generierten Zustandsparameters des Dosiersystems zu steuern und/oder zu regeln. Dieser Vorgang wird auch als thermische Regelung bezeichnet. Bevorzugt ist das Dosiersystem dazu mit einer Steuer- und/oder Regeleinheit gekoppelt. Vorzugsweise kann eine Anzahl von Teilbereichen, welche in Summe z. B. die gesamte Oberfläche des Piezoaktors bzw. des Bewegungsmechanismus umfassen, regelungstechnisch zu einer Einheit zusammengefasst und einheitlich in Abhängigkeit von zumindest einem Zustandsparameter geregelt werden. Nachfolgend wird die Erfindung, ohne eine Beschränkung darauf, anhand dieser Ausführungsform beschrieben.

Der Begriff der Steuerung wird im Folgenden als Synonym für eine Steuerung und/oder Regelung verwendet. Das bedeutet, auch wenn von einer Steuerung gesprochen wird, kann die Steuerung zumindest einen Regelungsprozess umfassen. Bei einer Regelung wird im Allgemeinen eine Regelgröße (als Istwert) fortlaufend erfasst und mit einer Führungsgröße (als Sollwert) verglichen. Üblicherweise erfolgt die Regelung auf eine solche Art und Weise, dass eine Angleichung der Regelgröße an die Führungsgröße erfolgt. Das bedeutet, dass sich die Regelgröße (Istwert) im Wirkungsweg des Regelkreises fortlaufend selbst beeinflusst.

Erfindungsgemäß kann ein Zustandsparameter z. B. eine (Oberflächen-)Temperatur in zumindest einem Teilbereich des Piezoaktors und/oder eine (Oberflächen-)Temperatur in zumindest einem Teilbereich des mit dem Piezoaktor gekoppelten Bewegungsmechanismus und/oder eine Temperatur in wenigstens einem Teilbereich einer Außenseite des Gehäuses („Außen-Temperatur“) sein. Zur Temperaturbestimmung kann das Dosiersystem einen oder mehrere Temperatursensoren umfassen, welche vorzugsweise mit einer Steuereinheit des Dosiersystems gekoppelt sind.

- Um die Temperatur des Piezoaktors räumlich (möglichst hochaufgelöst) zu überwachen, können mehrere Temperatursensoren entlang einer Längserstreckung auf der Aktoroberfläche des Piezoaktors realisiert sein. Sofern der Piezoaktor eine Aktorhülle aufweist, in die ein Piezostapel eingekapselt ist, kann eine Mehrzahl von Temperatursensoren auch in unterschiedlichen Bereichen einer Innenwandung und/oder Außenwandung der Aktorhülle angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich kann eine Anzahl von Temperatursensoren auch in direktem Kontakt mit zumindest einer Komponente des Bewegungsmechanismus angeordnet sein, z. B. dem Hebel.
- Alternativ kann eine Anzahl von Temperatursensoren in unmittelbarer Nähe zu einer jeweiligen Komponente am bzw. im Gehäuse montiert sein, um die Temperatur der Komponente abzuschätzen bzw. zu extrapolieren. Weiterhin können die Temperatursensoren auch ausgebildet sein, um die Temperatur eines zugeordneten Teilbereichs des Bewegungsmechanismus bzw. des Piezoaktors aus einer gewissen Distanz zu bestimmen, z. B. mittels Infrarot-Temperatursensoren. Vorzugsweise kann ein relevanter Zustandsparameter, in dessen Abhängigkeit die Steuerung erfolgt („Steuer-Zustandsparameter“), einer mittleren Temperatur oder einer maximalen Temperatur einer Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors und/oder Bewegungsmechanismus entsprechen.
- Ein weiterer Zustandsparameter kann eine Länge zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors sein. Wie eingangs erläutert wurde, können Piezoaktoren bzw. die einzelnen Piezoelemente ein temperaturabhängiges Ausdehnungsverhalten aufweisen. Daher kann zur Überwachung des (Betriebs-)Zustands des Piezoaktors zumindest ein so genannter Dehnmessstreifen zur Überwachung einer absoluten Länge und/oder einer dynamischen Längenänderung des Piezoaktors auf der Aktoroberfläche angebracht sein. Mittels des Dehnmessstreifens kann sowohl die Längsdehnung des gesamten Aktors als auch eines Teilabschnitts davon überwacht werden. Der Dehnmessstreifen kann auch im Inneren einer Aktorhülle (z. B. im Bereich einer Innenwandung) und/oder auf einer Außenseite der Aktorhülle vorgesehen sein.
- Zusätzlich oder alternativ kann auch ein Abstand zwischen dem Ausstoßelement, vorzugsweise einer Stößelspitze, und der Düse bzw. einem Düsensitz des Dosiersystems im geöffneten Zustand des Dosiersystems als Zustandsparameter zur Steuerung der Kühlung herangezogen werden. Im Dauerbetrieb des Dosiersystems können besonders im Bereich der Stößelspitze Verschleißerscheinungen auftreten, was eine Verkürzung des Stößels verursachen kann. Andererseits können sich die einzelnen Komponenten des

Bewegungsmechanismus in Folge von Reibung erwärmen und entsprechend expandieren. Auch eine thermisch bedingte Längenänderung des Aktors kann in Folge der Koppelung mit dem Bewegungsmechanismus dazu führen, dass eine tatsächliche Position der Stößelspitze von einer Sollposition abweicht.

5

Zur Bestimmung dieses Zustandsparameters kann das Dosiersystem zumindest einen Bewegungssensor, z. B. einen Magnetsensor, zur Wegmessung einer beweglichen Komponente umfassen. Vorzugsweise kann wenigstens ein thermisch kompensierter Hall-Sensor so in einem Bereich des Gehäuses angeordnet sein, dass der Sensor mit einem
10 Magneten des Stößels und/oder des Hebels zusammenwirken kann, um eine vorzugsweise vertikale Wegmessung des Stößels bzw. Hebels durchzuführen. Bevorzugt kann eine Position der Stößelspitze im geschlossenen Zustand des Dosiersystems mit einer Position im geöffneten Zustand verglichen werden, um so die tatsächliche Bewegung des Stößels bzw. der Stößelspitze zur Dosierstoffabgabe zu bestimmen.

15

Ein weiterer zusätzlicher oder alternativer Zustandsparameter kann die vom Dosiersystem in einem bestimmten Zeitintervall abgegebene Dosierstoffmenge sein. Besonders bei hochfrequenten Dosierstoffabgaben und/oder bei hochviskosen Medien kann sich der Piezoaktor auf Grund der zu verrichtenden Arbeit stark erwärmen. Daher kann auch eine
20 Durchflussrate des Mediums, z. B. im Bereich des Zuführkanals, als Zustandsparameter berücksichtigt werden. Zur Bestimmung dieses Zustandsparameters kann zumindest ein Durchflusssensor in einem Bereich des Zuführkanals angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass ein „erlernter“ (dosierstoffspezifischer) Zustandsparameter in der Steuereinheit bzw. im Dosiersystem hinterlegt ist.

25

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass das grundlegende Konzept, die Kühlung zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors und/oder des Bewegungsmechanismus in Abhängigkeit zumindest eines Zustandsparameters zu steuern und/oder zu regeln, nicht auf das o. g. erfindungsgemäße Dosiersystem beschränkt ist. Vielmehr stellt das Steuer-
30 konzept einen eigenständigen Teilaspekt der Erfindung dar.

Vorzugsweise kann das Steuerkonzept also auch in Dosiersystemen eingesetzt werden, in denen der Piezoaktor und/oder der Bewegungsmechanismus zu „Kühlzwecken“ mit einem ungekühlten Kühlmedium, z. B. komprimierter Raumluft (also kein vorgekühltes
35 Kühlmedium im Sinne der Erfindung), umströmt werden. Vorzugsweise kann auch dann die „Kühlung“ zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors und/oder des Bewegungs-

mechanismus, also die Um- bzw. Anströmung eines jeweiligen Teilbereichs zu „Kühlzwecken“, in Abhängigkeit einer Länge zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors und/oder eines Abstands zwischen dem Ausstoßelement und der Düse des Dosiersystems und/oder einer Dosierstoffmenge gesteuert werden.

5

Die vorgenannten Zustandsparameter liefern wesentliche Erkenntnisse über den aktuellen (Betriebs-)Zustand der Aktoreinheit und können daher für entsprechende Kompensationsmaßnahmen im Rahmen eines umfassenden Temperaturmanagements des Dosiersystems genutzt werden. Bevorzugt kann eine Steuerung, insbesondere eine Regelung
10 der direkten Kühlung zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors und/oder Bewegungsmechanismus derart erfolgen, dass zumindest ein regelungsbedürftiger Zustandsparameter in diesen Teilbereichen während des Betriebs des Dosiersystems dauerhaft, insbesondere auch unter Lastschwankungen des Piezoaktors, stabil in einem unkritischen Bereich gehalten wird, d. h. einem vorgegebenen Sollwert entspricht. Vorzugsweise wird der Sollwert infolge der Regelung nicht über- oder unterschritten. Alternativ
15 kann die Regelung auch so erfolgen, dass der Zustandsparameter im Betrieb kontinuierlich in einem Sollbereich gehalten wird.

Zur Regelung kann dem jeweiligen Zustandsparameter als Istwert ein entsprechender
20 Sollwert bzw. Sollbereich zugeordnet sein, der z. B. in der Steuereinheit hinterlegt ist. Dabei kann ein und demselben Zustandsparameter in unterschiedlichen Bereichen der Aktoreinheit ein andersartiger Sollwert zugeordnet sein. Beispielsweise könnte ein Temperatur-Sollwert des Piezoaktors deutlich höher sein, als ein Temperatur-Sollwert des Bewegungsmechanismus.

25

Bevorzugt kann die direkte Kühlung einer Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors so geregelt werden, dass eine Temperatur der Aktoroberfläche (als Sollwert) im Betrieb des Dosiersystems konstant einer Umgebungstemperatur des Dosiersystems entspricht. Damit lässt sich eine „thermische Konstanz“ des Piezoaktors erreichen, wobei eine thermisch bedingte Längsdehnung des Piezoaktors im Betrieb weitestgehend verhindert wird.
30

Grundsätzlich kann als Sollwert eine (im Betrieb) des Piezoaktors höchstzulässige Temperatur so festgelegt sein, dass eine möglichst hohe Dosierpräzision des Dosiersystems erreicht wird. Bevorzugt kann zur Bestimmung des Temperatur-Sollwerts der gegenwärtige und/oder zu erwartende Leistungsumsatz des Aktors berücksichtigt werden. Auf Grund
35 der schlechten Wärmeleitfähigkeit des üblicherweise verwendeten Piezomaterials kann es

bei starken Lastschwankungen des Piezoaktors, insbesondere bei einem gekapselten Piezoaktor, dazu kommen, dass die im Inneren des Piezoaktors bzw. im Piezostapel entstehende Verlustwärme nicht schnell genug nach außen zur gekühlten Oberfläche des Piezoaktors bzw. der Aktorhülle geführt wird. Dadurch kann sich ein Temperaturgradient von einem Kern des Aktors bzw. des Piezostapels zu dessen Außenflächen bzw. zur Aktorhülle hin ausbilden. Der Piezoaktor bzw. Piezostapel kann sich also trotz Erreichen einer Solltemperatur an der Oberfläche des Piezoaktors bzw. der Aktorhülle in seiner Länge ändern. Vorzugsweise kann daher der jeweilige Leistungsumsatz des Piezoaktors berücksichtigt werden, welcher z. B. in der Steuereinheit hinterlegt ist, um eine „korrigierte“ Solltemperatur der Oberfläche (des Piezoaktors bzw. der Aktorhülle) zu bestimmen, welche auch bei dynamischen Lastwechseln des Piezoaktors bzw. des gekapselten Piezostapels eine Längsausdehnung des Gesamt-Piezoaktors verhindert.

Als Sollwert könnte auch direkt die Längsausdehnung des Piezoaktors berücksichtigt werden, welche ja wie gesagt mittels Dehnungssensoren bestimmbar ist. Vorzugsweise kann die Steuerung, insbesondere die thermische Regelung der Kühlung einer Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors derart erfolgen, dass der Piezoaktor im Betrieb des Dosiersystems eine konstante vorgebbare Piezoaktor-Länge aufweist. Entsprechend könnte eine „Ausgangs“-Länge des Piezoaktors bei Raumtemperatur oder eine maximal tolerierbare Länge des Piezoaktors als Sollwert herangezogen werden.

Alternativ oder zusätzlich kann die direkte Kühlung einer Anzahl von Teilbereichen des Bewegungsmechanismus (thermisch) so geregelt werden, dass im Betrieb des Dosiersystems eine möglichst konstante, gleichbleibende (Soll-)Bewegung des Ausstoßelements, insbesondere dessen Spitze, erreicht wird. Entsprechend könnte ein Abstand zwischen einer Stößelspitze und einem Düseneinsatz bzw. einem Dichtsitz der Düse im geöffneten Zustand des Dosiersystems oder eine je Stößelhub zurückgelegte Distanz der Stößelspitze als Sollwert bzw. Sollbereich dienen. Denkbar ist auch, dass eine höchstzulässige „Außen-Temperatur“ des Gehäuses als Sollwert genutzt wird.

Zur Regelung der direkten Kühlung kann in der Steuereinheit ein im Wesentlichen „Echtzeit-Abgleich“ von wenigstens einem Zustandsparameter mit dem zugeordneten Sollwert erfolgen. Bevorzugt kann eine Mehrzahl von Teilbereichen einheitlich in Abhängigkeit von nur einem Zustandsparameter geregelt werden, wobei gleichzeitig zumindest ein weiterer Zustandsparameter durch die Steuereinheit kontinuierlich „überwacht“ wird. Eine „Überwachung“ ist z. B. dann sinnvoll, wenn ein jeweiliger Zustandsparameter (aktuell) deutlich

unterhalb eines zugeordneten Sollwerts liegt, so dass diesbezüglich eine Regelung (noch) nicht erforderlich ist. Sobald sich der Istwert des „überwachten“ Zustandsparameters einem Sollwert annähert, z. B. in Folge veränderter Betriebsbedingungen des Aktors, könnte auch dieser Zustandsparameter zur Regelung der Kühlung (mit-)berücksichtigt werden.

5 Vorzugsweise können die jeweiligen Zustandsparameter, in deren Abhängigkeit die direkte Kühlung einer Anzahl von Teilbereichen erfolgt, im Betrieb des Dosiersystems wechseln.

Im Rahmen des Temperaturmanagements kann zum einen die Intensität der Kühlung geregelt werden, z. B. indem ein Volumenstrom des in das Gehäuse einströmenden vorgekühlten Kühlmediums reguliert wird. Folglich kann auch die Stärke, mit der eine Anzahl von Teilbereichen mit dem Kühlmedium beaufschlagt wird, geregelt werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch die (Soll-)Temperatur des vorgekühlten Kühlmediums beim Eintritt in das Gehäuse geregelt werden. Dazu kann die Steuereinheit mit einer Kälteerzeugungs-
15 zeugungsvorrichtung gekoppelt sein. Vorzugsweise kann die Intensität der direkten Kühlung während des Betriebs des Dosiersystems dynamisch (bedarfsgerecht) angepasst werden. Weiterhin kann auch der genaue „Ort“ der direkten Kühlung geregelt werden. Vorzugsweise können der Piezoaktor und der Bewegungsmechanismus separat mit Kühlmedium beaufschlagt werden, wie nachfolgend erläutert wird.

20 Die Kühleinrichtung des Dosiersystems kann dazu ausgebildet sein, eine Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors und des Bewegungsmechanismus gemeinsam, d. h. als eine Einheit, direkt zu kühlen („kombinierte Kühlung“). Vorzugsweise umfasst die Kühleinrichtung nur einen einzigen Kühlkreislauf mit jeweils einer Zuführeinrichtung bzw. Abführeinrichtung für Kühlmedium, wobei der Kühlkreislauf die Aktorkammer und die Kammer des Bewegungsmechanismus gemeinsam umfasst. Das bedeutet, dass Teilbereiche des Piezoaktors und des Bewegungsmechanismus mit einem Kühlmedium derselben (Soll-) Temperatur beaufschlagt werden. Vorzugsweise kann die Regelung der direkten Kühlung in Abhängigkeit eines Zustandsparameters nur einer der beiden Komponenten erfolgen.

25 Beispielsweise könnte die direkte Kühlung des Piezoaktors und des Bewegungsmechanismus ausschließlich in Abhängigkeit einer Oberflächentemperatur des Piezoaktors geregelt werden.

Für ein besonders effizientes Temperaturmanagement kann die Kühleinrichtung aber auch dazu ausgebildet sein, die direkte Kühlung zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors mittels der Steuereinheit separat zu steuern und/oder zu regeln, insbesondere ge-
35

trennt bzw. unabhängig von der Steuerung und/oder Regelung der direkten Kühlung zumindest eines Teilbereichs des mit dem Piezoaktor gekoppelten Bewegungsmechanismus. Vorzugsweise kann die Kühleinrichtung daher zwei separat ausgebildete, eigenständig zu betreibende Kühlkreisläufe mit jeweils separaten Zuführ- und Abführeinrichtungen umfassen, welche individuell mit dem vorgekühlten Kühlmedium beschickt werden können. Vorzugsweise kann der Kühlkreislauf zur Kühlung des Piezoaktors separat ausgebildet sein, insbesondere (räumlich) getrennt von einem Kühlkreislauf zur Kühlung des Bewegungsmechanismus. Entsprechend kann auch die Steuereinheit zwei separate „Kühl-Regel- bzw. -Steuerkreise“ umfassen, um die jeweiligen Zustandsparameter des Piezoaktors bzw. des Bewegungsmechanismus getrennt voneinander zu erfassen und zu verarbeiten, d. h. die jeweiligen Kühlkreisläufe entsprechend mit Kühlmedium zu versorgen und das Kühlmedium zu den jeweiligen zu kühlenden Teilbereichen zu leiten.

Vorzugsweise kann einerseits eine Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors, z. B. die gesamte Aktoroberfläche, mittels der Kühleinrichtung auf eine erste Solltemperatur so gekühlt werden, dass sich für den Betrieb des Aktors möglichst vorteilhafte Bedingungen ergeben bzw. die Dosiergenauigkeit erhöht wird.

In analoger Weise kann dann bevorzugt andererseits eine Anzahl von Teilbereichen des Bewegungsmechanismus, z. B. ein „Kopfbereich“ des Hebels, welcher in Kontakt mit dem Stößel tritt, mittels der Kühleinrichtung auf eine zweite Solltemperatur gekühlt werden, welche sich von der ersten Solltemperatur unterscheiden kann. Durch die separate Kühlung dieser Teilbereiche wird es möglich, die Kühlung des Bewegungsmechanismus von den oftmals sehr dynamischen Kühlanforderungen des Piezoaktors zu entkoppeln.

Bevorzugt kann die direkte Kühlung von Teilbereichen des Bewegungsmechanismus (thermisch) so geregelt werden, dass Abnutzungserscheinungen von Komponenten des Bewegungsmechanismus und/oder Ausstoßelements kompensiert werden können. Dazu kann es vorteilhaft bzw. erforderlich sein, eine in Folge des Betriebs des Dosiersystems entstehende Erwärmung einzelner oder mehrerer Komponenten des Dosiersystems im Rahmen des Temperaturmanagements gezielt auszunutzen. Dabei kann sich der Bewegungsmechanismus wie gesagt insbesondere auf Grund von Reibungswärme erwärmen. Der Stößel kann sich auf Grund eines Kontakts zu einem vorgeheizten Medium im Bereich der Stößelspitze erwärmen. Weiterhin können sich die beiden Komponenten durch ihre zumindest zeitweise Kopplung auch gegenseitig thermisch beeinflussen.

Vorzugsweise kann eine thermisch bedingte Expansion des Hebels, insbesondere in einem Bereich des „Hebelkopfs“, und/oder eines Stößelkopfs des Stößels dazu genutzt werden, eine verschleißbedingte Verkürzung des Stößels im Bereich der Düse zu kompensieren, um so den Sollhub des Stößels (als Zustandsparameter) stabil zu halten.

5

Im Betrieb des Dosiersystems ragt der Stößel zumindest teilweise, insbesondere mit dem Stößelkopf, in eine den Bewegungsmechanismus umgebende Kammer des Dosiersystems hinein, so dass der Stößel von dem Kühlmedium zur Kühlung des Bewegungsmechanismus „mitbeströmt“ wird. Bevorzugt kann daher der Bewegungsmechanismus in Folge der separaten thermischen Regelung weniger intensiv gekühlt werden als der ggf. stark aufgeheizte Piezoaktor, um so die im Hebel und/oder Stößel vorhandene (Eigen-) Wärme zur Aufrechterhaltung des Sollhubs des Stößels zu nutzen. Besonders bevorzugt kann die Regelung der direkten Beströmung des Bewegungsmechanismus so erfolgen, dass der Sollhub des Stößels bei einer „Mitbeströmung“ von zumindest Teilbereichen des Ausstoßelements aufrechterhalten wird.

15

Vorteilhafterweise kann mittels des Temperaturmanagements des Dosiersystems erreicht werden, dass der Umfang und die Intensität der Kühlung des Piezoaktors bzw. Bewegungsmechanismus stets an den aktuellen (Betriebs-)Zustand der Aktoreinheit angepasst werden. Insbesondere können Lastschwankungen des Piezoaktors berücksichtigt werden, um die Kühlleistung in Zeiten geringerer Belastung der Aktoreinheit entsprechend zu drosseln und somit den Verbrauch an Kühlmedium zu reduzieren.

20

Die Entkopplung der Kühlung des Piezoaktors und des Bewegungsmechanismus kann zu einer weiteren Reduzierung des Kühlmedium-Verbrauchs führen. Weiterhin wird dadurch auch der Spielraum für Kompensationsmaßnahmen gegenüber Verschleißerscheinungen des Bewegungsmechanismus vergrößert, was sich vorteilhaft auf Präzision des Dosiersystems auswirken kann.

25

Demgegenüber bietet ein Dosiersystem mit einer „kombinierten Kühlung“ den Vorteil einer konstruktiven Vereinfachung der Kühleinrichtung und damit einer Reduzierung der Herstellungskosten des Dosiersystems, da nur ein gemeinsamer Kühlkreislauf für die gesamte Aktoreinheit benötigt wird. Auch bei dieser Konstruktionsweise können auftretende Verschleißerscheinungen kompensiert werden, z. B. mittels einer selektiven Erwärmung des Bewegungsmechanismus, wie später noch ausgeführt wird.

30
35

- Vorzugsweise ist das vorgekühlte Kühlmedium, das dem bzw. den Kühlkreisläufen zugeführte wird, dazu ausgebildet, d. h. kalt genug und in einer ausreichenden Menge im Gehäuse vorhanden, um eine vorgebbare Kühlleistung im Betrieb des Dosiersystems dauerhaft aufrecht zu erhalten. Bevorzugt kann die (Soll-)Temperatur des Kühlmediums durch
- 5 die Steuereinheit derart (niedrig) so bestimmt werden, dass ein (jeweiliger) eingangs erläuteter Sollwert in zumindest einem Teilbereich des Piezoaktors und/oder des mit dem Piezoaktor gekoppelten Bewegungsmechanismus im Betrieb in Folge der direkten Kühlung stabil gehalten wird.
- 10 Zum Abkühlen des Kühlmediums auf eine vorgebbare (Soll-)Temperatur kann die Kühleinrichtung eine Kälteerzeugungsvorrichtung umfassen. Bevorzugt ist die Kühleinrichtung, insbesondere die Zuführeinrichtung, dazu ausgebildet, das vorgekühlte Kühlmedium in der Aktorkammer und/oder der Kammer des Bewegungsmechanismus im Gehäuse bereitzustellen. Vorzugsweise ist die Kühleinrichtung weiterhin ausgebildet, um das vorgekühlte Kühlmedium im Gehäuse bedarfsgerecht zu verteilen. Vorzugsweise hat das
- 15 vorgekühlte Kühlmedium auch beim Auftreffen auf der Oberfläche einer Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors bzw. des Bewegungsmechanismus eine bestimmte (Soll-)Temperatur.
- 20 Um das einströmende Kühlmedium von einer (jeweiligen) Zuführeinrichtung möglichst gerichtet zu dem bzw. den zu kühlenden Teilbereichen und anschließend zu einer Abföhrvorrichtung des Gehäuses zu leiten, kann die Kühleinrichtung strömungslenkende Elemente innerhalb des Gehäuses umfassen, z. B. separat ansteuerbare Strömungskanäle, Leitbleche, Lüfter etc. Vorzugsweise umfasst die Kühleinrichtung also zumindest Komponenten, um ein Kühlmedium auf eine (Soll-)Temperatur abzukühlen, das Kühlmedium im
- 25 Gehäuse mit einer (Soll-)Temperatur bereitzustellen, das Kühlmedium im Gehäuse in eine Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors und/oder des Bewegungsmechanismus zu leiten, das Kühlmedium aus dem Gehäuse abzuführen und optional erneut der Kälteerzeugungsvorrichtung zuzuföhren.
- 30 Bevorzugt kann die Kälteerzeugungsvorrichtung zum Abkühlen des Kühlmediums eine beliebige Art einer „aktiven“ Kältequelle umfassen. Die Kältequelle ist vorzugsweise dazu ausgebildet, aktiv Wärmeenergie von einer Substanz, z. B. einem Kühlmedium, abzuführen, um so aktiv Kälte zu „erzeugen“. Vorzugsweise kann daher die Kühleinrichtung zu
- 35 mindest eine Kältequelle umfassen.

Die Kälteerzeugungsvorrichtung kann separat ausgebildet sein, also nicht als fester Bestandteil eines einzelnen Dosiersystems. Vorzugsweise kann die Kälteerzeugungsvorrichtung mit mehreren Dosiersystemen zusammenwirken. Um das vorgekühlte Kühlmedium in das Gehäuse zu leiten kann die Kälteerzeugungsvorrichtung mittels einer Kühlmedium-
5 Zuleitung der Kühleinrichtung, z. B. einer temperaturisolierten flexiblen Leitung, mit zumindest einer Anschlussstelle des Gehäuses gekoppelt sein.

Vorzugsweise ist die Kälteerzeugungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform dazu ausgebildet, das Kühlmedium auf eine bestimmte absolute (Soll-)Temperatur abzu-
10 kühlen. Bevorzugt kann der Betrieb der Kälteerzeugungsvorrichtung ungeachtet einer Temperatur und/oder Feuchtigkeit der Umgebungsluft des Dosiersystems bzw. der Kälteerzeugungsvorrichtung erfolgen. Das bedeutet, die Temperatur des Kühlmediums kann mittels der Kälteerzeugungsvorrichtung nicht nur relativ gegenüber einer Umgebungstemperatur verringert werden, sondern kann auf einen „beliebigen“, d. h. im Hinblick auf den
15 Betrieb des Dosiersystems erforderlichen, Wert eingestellt werden. Vorzugsweise kann sich die Kälteerzeugungsvorrichtung das Prinzip einer Kältemaschine (als Kältequelle) zu Nutze machen. Beispielsweise könnte die Kälteerzeugungsvorrichtung zumindest eine Kompressionskälteanlage umfassen. Bevorzugt kann eine derartige Kältemaschine ausgebildet sein, zwei oder mehr separate Dosiersysteme mit abgekühltem Kühlmedium zu
20 versorgen. Als Kühlmedium eignen sich flüssige und/oder gasförmige Medien, wobei Kühlmedien mit einer hohen Wärmekapazität bevorzugt sind.

Alternativ oder zusätzlich könnte sich die Kälteerzeugungsvorrichtung das Prinzip einer thermoelektrischen Kühlung zu Nutze machen. Vorzugsweise kann die Kälteerzeugungs-
25 vorrichtung daher zumindest ein Peltier-Element (als Kältequelle) umfassen.

Vorzugsweise kann als Kühlmedium komprimierte und (aktiv) abgekühlte Luft verwendet werden, da diese mit relativ geringem Aufwand bereitstellbar ist und sich mit den hygroskopischen Eigenschaften unter Spannung stehender (ungekapselter) Piezoaktoren vereinbaren lässt. Daher kann in einer anderen Ausführungsform der Erfindung die Kälteerzeugungsvorrichtung zumindest ein Wirbelrohr (als Kältequelle) zur Abkühlung des Kühl-
30 mediums auf eine bestimmte (Soll-)Temperatur umfassen. Bevorzugt kann die Temperatur der aus dem Wirbelrohr austretenden abgekühlten Luft mittels eines verstellbaren Regel-Ventils im Bereich eines Heißluftausgangs des Wirbelrohrs geregelt werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein Volumenstrom der in eine Wirbelkammer des Wirbelrohrs einströmenden Luft angepasst werden, um eine bedarfsgerechte Menge an vorgekühltem
35

Kühlmedium bereit zu stellen, z. B. mittels eines dem Wirbelrohr vorgeschalteten Proportionalventils. Bevorzugt kann das Regel-Ventil bzw. das Proportionalventils eines jeweiligen Wirbelrohrs mittels der Steuereinheit so geregelt werden, dass das Kühlmedium mit einer (Soll-)Temperatur im Gehäuse bereitgestellt wird. Die von einem einzelnen Wirbelrohr bereitgestellte Menge an vorgekühltem Kühlmedium ist vorzugsweise ausreichend zur direkten Kühlung der Temperatur-sensiblen Komponenten einer Aktoreinheit.

Besonders bevorzugt kann die Kälteerzeugungsvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform eine Kältemaschine, z. B. eine Kompressionskälteanlage, und zumindest ein damit zusammenwirkendes, nachgeschaltetes Wirbelrohr umfassen. Bevorzugt kann die Kühleinrichtung also auch mehr als eine, d. h. zumindest zwei, unterschiedliche Kältequellen umfassen. Insbesondere können die mehreren Kältequellen separat ansteuerbar ausgebildet sein. Vorzugsweise kann ein bereits vortemperiertes bzw. abgekühltes Kühlmedium mittels des Wirbelrohrs endgültig auf eine (Soll-)Temperatur abgekühlt werden. In Folge dieses Zusammenspiels kann das Kühlmedium auch auf Temperaturen unterhalb einer „tiefst-möglichen“ Kühltemperatur einer Kältemaschine abgekühlt werden.

Vorteilhafterweise lässt sich mittels der Kälteerzeugungsvorrichtung der Kühleinrichtung erreichen, dass im Gehäuse stets eine genügend große Menge eines ausreichend abgekühlten Kühlmediums vorhanden ist, um einen oder mehrere Zustandsparameter in einer Anzahl von Teilbereichen im Betrieb des Dosiersystems dauerhaft in einem unkritischen Sollbereich halten zu können. Insbesondere bei einem Zusammenspiel einer Kältemaschine mit einem Wirbelrohr kann ein sehr weiter bzw. tiefer Regelbereich der Kühlung erreicht werden. Damit lässt sich das Dosiersystem auch unter ungünstigen Umgebungsbedingungen, wie z. B. besonders hohe Temperaturen, mit einer maximalen Dosierfrequenz betreiben, wobei gleichzeitig eine hohe Dosier-Präzision gewährleistet ist.

Um die Dosiergenauigkeit weiter zu verbessern, kann zumindest ein Teilbereich des mit dem Piezoaktor gekoppelten Bewegungsmechanismus der Aktoreinheit eine regelbare Heizvorrichtung zur Erwärmung zumindest eines Teilbereichs des Bewegungsmechanismus umfassen.

Dazu kann die Heizvorrichtung als Bestandteil des Bewegungsmechanismus realisiert sein, z. B. in Form einer Heizspirale im oder am Hebel.

Alternativ oder zusätzlich kann das Gehäuse der Aktoreinheit wenigstens eine mittels der Steuereinheit regelbare Heizvorrichtung zur Erwärmung zumindest eines Teilbereichs des Bewegungsmechanismus umfassen. Vorzugsweise kann der Teilbereich mittels Konduktion auf eine vorgebbare Temperatur erwärmt werden. Die Heizvorrichtung, z. B. eine Heizpatrone oder eine Heizspirale, kann vom Piezoaktor thermisch entkoppelt sein, z. B. mittels eines isolierenden luftgefüllten Schlitzes im Gehäuse zwischen Heizvorrichtung und Piezoaktor.

Bevorzugt kann das Gehäuse, insbesondere in einem Bereich zwischen der Heizpatrone und der thermischen Entkopplung, zumindest einen Temperatursensor umfassen. Wie es bei Dosiersystemen dieser Art allgemein üblich ist, kann zusätzlich auch eine Heizvorrichtung zur Beheizung der Düse bzw. des Dosierstoffs im Düsenbereich vorgesehen sein.

Bevorzugt ist die Heizvorrichtung dazu ausgebildet, in einem Zusammenspiel mit der Kühleinrichtung des Dosiersystems einen oder mehrere Zustandsparameter des Dosiersystems während des Betriebs in einer Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors und/oder Bewegungsmechanismus möglichst konstant zu halten, vorzugsweise im Bereich eines jeweiligen Sollwerts. Bevorzugt können die Heizvorrichtung und die Kühleinrichtung des Dosiersystems so zusammenwirken, dass eine (Soll-)Temperatur in zumindest einem Teilbereich des Piezoaktors und/oder des mit dem Piezoaktor gekoppelten Bewegungsmechanismus und/oder eine Länge des Piezoaktors und/oder ein Abstand zwischen dem Ausstoßelement und der Düse im geöffneten Zustand des Dosiersystems und/oder eine Dosierstoffmenge während der Dosierstoffabgabe im Betrieb des Dosiersystems dauerhaft überwiegend konstant ist.

Bevorzugt können die Heizwirkung und die Kühlwirkung mittels der Steuereinheit so aufeinander abgestimmt sein, dass wenigstens ein „Steuer-Zustandsparameter“ im Betrieb des Dosiersystems auf möglichst effiziente Weise in einem Sollbereich gehalten wird. Vorzugsweise kann die Steuereinheit einen „Heiz-Regel- bzw. -Steuerkreis“ umfassen, um die Heizvorrichtung separat, insbesondere getrennt von der Kühleinrichtung, anzusteuern.

Bevorzugt können die Heizvorrichtung und die Kühleinrichtung zumindest zeitweise parallel betrieben werden, d. h. eine Anzahl von Teilbereichen kann gleichzeitig erwärmt und direkt gekühlt werden („überlappende Regelung“). Vorzugsweise erfolgt die „überlappende Regelung“ so, dass der Verbrauch an Heizenergie bzw. Kühlmedium möglichst gering

ist, d. h. die Heizvorrichtung und die Kühleinrichtung arbeiten nicht kontinuierlich mit Voll-
last gegeneinander an. Beispielsweise könnte bei einem Dosiersystem mit einer „kombi-
nierten Kühlung“ die Kühleinrichtung so gesteuert werden, dass eine Solltemperatur in
einem Bereich der Aktoroberfläche erreicht wird. Zusätzlich kann die Heizvorrichtung so
5 gesteuert werden, dass eine Anzahl von Teilbereichen des Bewegungsmechanismus (und
mittels Konduktion auch des Ausstoßelements bzw. Stößels) auf eine (höhere) Solltempe-
ratur erwärmt wird, um einen Sollwert des Hubs des Ausstoßelements beizubehalten.

Alternativ oder zusätzlich kann die Heizvorrichtung auch so gesteuert werden, um eine
10 gewünschte thermisch bedingte Expansion in einem Bereich des Gehäuses, insbesonde-
re in einem die Kammer des Bewegungsmechanismus umfassenden Bereich des Gehäu-
ses, zu erreichen. Bevorzugt kann die thermisch bedingte Expansion zumindest eines
Bereichs des Gehäuses so erfolgen, dass ein Sollwert des Hubs des Ausstoßelements im
Betrieb des Dosiersystems stabil gehalten wird.

15 Vorteilhafterweise kann mittels einer separat ansteuerbaren Heizvorrichtung die Möglich-
keit der Verschleißkompensation noch weiter verbessert werden, z. B. indem eine Verkür-
zung des Ausstoßelements bzw. Stößels durch eine gezielte Erwärmung bzw. kontrollierte
thermische Expansion einzelner Teilbereiche des Bewegungsmechanismus bzw. indirekt
20 auch des Stößels und/oder des Gehäuses kompensiert wird. Somit kann die Stößelspitze
im geöffneten Zustand des Dosiersystems stets in einem initialen bzw. Sollabstand zur
Düse positioniert werden, so dass die je Stößelhub abgegebene Dosierstoffmenge kon-
stant bleibt. Gleichzeitig ist die Heizvorrichtung so ausgebildet und im Dosiersystem an-
geordnet, dass auch die relevanten Zustandsparameter des Piezoaktors (z. B. die Aktor-
25 temperatur bzw. -länge) in einem unkritischen Bereich gehalten werden können.

In der Tat können die zuvor genannten Vorteile auch beim System der „kombinierten Küh-
lung“ genutzt werden, so dass trotz einer direkten Beaufschlagung einer Anzahl von Teil-
bereichen des Bewegungsmechanismus mit einem gegebenenfalls sehr kalten Kühlmedi-
30 um eine gewünschte thermische Expansion dieser Bereiche erreicht werden kann. Somit
kann trotz einer konstruktiven Vereinfachung des Dosiersystems eine dauerhaft hohe
Präzision bei der Dosierstoffabgabe erreicht werden. Weiterhin vorteilhaft kann das ge-
ringfügige, kontrollierte „gegeneinander Arbeiten“ („überlappende Regelung“) von Heizvor-
richtung und Kühleinrichtung zu einer erhöhten „Steifigkeit“ bzw. Konstanz eines Zu-
35 standsparameters des Dosiersystems gegenüber äußeren Störeinflüssen beitragen.

Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Dabei sind in den verschiedenen Figuren gleiche Komponenten mit identischen Bezugsziffern versehen. Die Figuren sind in der Regel nicht maßstäblich. Es zeigen:

5

Figur 1 eine im Schnitt dargestellte Ansicht eines Dosiersystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

10

Figuren 2 bis 4 Teile von im Schnitt dargestellten Dosiersystemen gemäß anderer Ausführungsformen der Erfindung,

Figur 5 Teile einer im Schnitt dargestellten Aktoreinheit eines Dosiersystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

15

Figur 6 eine Schnittansicht eines gekapselten Piezoaktors für ein Dosiersystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

Figur 7 eine schematische Darstellung einer Kühleinrichtung für ein Dosiersystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

20

Anhand der Figur 1 wird nun ein konkretes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Dosiersystems 1 beschrieben. Das Dosiersystem 1 wird hier in der üblichen bestimmungsgemäßen Lage bzw. Position dargestellt, z. B. im Betrieb des Dosiersystems 1. Dabei befindet sich eine Düse 40 im unteren Bereich des Dosiersystems 1, sodass die Tropfen des Mediums in einer Ausstoßrichtung R durch die Düse 40 nach unten ausgestoßen werden. Soweit im Folgenden die Begriffe unten und oben verwendet werden, beziehen sich diese Angaben daher immer auf eine solche, meist übliche Position des Dosiersystems 1. Dies schließt aber nicht aus, dass das Dosiersystem 1 in speziellen Anwendungen auch in einer anderen Position eingesetzt werden kann und die Tropfen beispielsweise seitlich ausgestoßen werden. Je nach Medium, Druck und genauer Konstruktion sowie Ansteuerung des gesamten Ausstoßsystems ist dies grundsätzlich auch möglich.

30

Das Dosiersystem 1 umfasst als wesentliche Komponenten eine Aktoreinheit 10 sowie eine Fluidikeinheit 30. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel des Dosiersystems 1 sind die Aktoreinheit 10 und die Fluidikeinheit 30 fest miteinander verbunden, z. B. mittels einer Fixierschraube 23. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die jeweiligen Baugrup-

35

pen 10, 30 auch nach der Art von miteinander verkoppelbaren Steckkupplungsteilen zur Ausbildung einer Schnellkupplung realisiert sein können. Dann könnten die Aktoreinheit 10 und die Fluidikeinheit 30 werkzeuglos miteinander verkuppelt werden, um so das Dosiersystem 1 auszubilden.

5

Die Aktoreinheit 10 umfasst im Wesentlichen alle Komponenten, die für den Antrieb bzw. die Bewegung eines Ausstoßelements 31, hier eines Stößel 31, in der Düse 40 sorgen, also z. B. einen Piezoaktor 60 und einen Bewegungsmechanismus 14, um das Ausstoßelement 31 der Fluidikeinheit 30 betätigen zu können und ähnliche Komponenten, wie

10 nachfolgend noch erläutert wird.

15

Die Fluidikeinheit 30 umfasst neben der Düse 40 und der Zuleitung 44 des Mediums zur Düse 40 alle weiteren Teile, die direkt mit dem Medium in Kontakt stehen, sowie außerdem die Elemente, die erforderlich sind, um die betreffenden, mit dem Medium in Kontakt

15 stehenden Teile zusammen zu montieren bzw. in ihrer Position an der Fluidikeinheit 30 zu halten.

20

In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel des Dosiersystems 1 umfasst die Aktoreinheit 10 einen Aktoreinheit-Gehäuseblock 11 mit zwei innenliegenden Kammern, nämlich zum

20 einen eine Aktorkammer 12 mit einem darin befindlichen Piezoaktor 60 und zum anderen eine Aktionskammer 13, in welche das bewegliche Ausstoßelement 31, hier der Stößel 31, der Fluidikeinheit 30 hineinragt. Über einen Bewegungsmechanismus 14, welcher von der Aktorkammer 12 in die Aktionskammer 13 hineinragt, wird mittels des Piezoaktors 60 der Stößel 31 so betätigt, dass von der Fluidikeinheit 30 das zu dosierende Medium in der

25 gewünschten Menge zum gewünschten Zeitpunkt ausgestoßen wird. Der Stößel 31 verschließt hier eine Düsenöffnung 41 und dient somit auch als Verschlusselement 31. Da aber der größte Teil des Mediums erst aus der Düsenöffnung 41 ausgestoßen wird, wenn der Stößel 31 sich in der Schließrichtung bewegt, wird er hier als Ausstoßelement 31 bezeichnet.

30

Zur Ansteuerung des Piezoaktors 60 ist dieser elektrisch bzw. signaltechnisch mit einer Steuereinheit 90 des Dosiersystems 1 verbunden. Die Verbindung zu dieser Steuereinheit 90 erfolgt über Steuerkabel 91, welche mit geeigneten Piezoaktor-Steueranschlüssen 66, z. B. geeigneten Steckern, verbunden sind. Die beiden Steueranschlüsse 66 sind mit je-

35 weils einem Kontaktstift 61 bzw. mit einem jeweiligen Anschlusspol des Piezoaktors 60 gekoppelt, um den Piezoaktor 60 mittels der Steuereinheit 90 anzusteuern. Anders als in

Figur 1 dargestellt, können die Steueranschlüsse 66 abgedichtet so durch das Gehäuse 11 geführt werden, dass im Bereich der jeweiligen durchgeführten Steueranschlüsse 66 im Wesentlichen keine Luft von außen in die Aktorkammer 12 eindringen kann, z. B. im Rahmen einer nachfolgend beschriebenen direkten Kühlung einer Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors 60 mit einem vorgekühlten Kühlmedium. Der Piezoaktor 60, insbesondere die Piezoaktor-Steueranschlüsse 66, können z. B. mit einer geeigneten Speichereinheit (z. B. einem EEPROM oder dergleichen) versehen sein, in der Informationen wie eine Artikelbezeichnung etc. oder Regelparameter für den Piezoaktor 60 hinterlegt sind, die dann von der Steuereinheit 90 ausgelesen werden können, um den Piezoaktor 60 zu identifizieren und in der passenden Weise anzusteuern. Die Steuerkabel 91 können mehrere Steuerleitungen und Datenleitungen umfassen. Da die grundsätzliche Ansteuerung von Piezoaktoren aber bekannt ist, wird hierauf nicht weiter eingegangen.

Der Piezoaktor 60 kann sich in Längsrichtung der Aktorkammer 12 entsprechend einer Beschaltung mittels der Steuereinrichtung 90 ausdehnen (expandieren) und wieder zusammenziehen. Der Piezoaktor 60 kann von oben in die Aktorkammer 12 eingelegt werden. Als oberes Widerlager kann anschließend eine durch eine Schraubbewegung höhenverstellbare Kugelkalotte dienen (hier nicht gezeigt), wobei eine genaue Justage des Piezoaktors 60 zu einem Bewegungsmechanismus 14, hier einem Hebel 16, ermöglicht wird. Entsprechend ist der Piezoaktor 60 nach unten über ein unten spitzwinkelig zulaufendes Druckstück 20 auf dem Hebel 16 gelagert, welcher wiederum auf einem Hebella-
ger 18 am unteren Ende der Aktorkammer 12 aufliegt. Über dieses Hebellager 18 ist der Hebel 16 um eine Kippachse K verkippbar, so dass ein Hebelarm des Hebels 16 durch einen Durchbruch 15 in die Aktionskammer 13 hineinragt. Am Ende des Hebelarms weist dieser eine in Richtung zum Stößel 31 der mit der Aktoreinheit 10 gekoppelten Fluidikeinheit 30 weisende Kontaktfläche 17 auf, welche auf eine Kontaktfläche 34 eines Stößelkopfs 33 drückt.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel vorgesehen ist, dass die Kontaktfläche 17 des Hebels 16 permanent in Kontakt mit der Kontaktfläche 34 des Stößelkopfs 33 ist, indem eine Stößelfeder 35 den Stößelkopf 33 von unten gegen den Hebel 16 drückt. Der Hebel 16 liegt dem Stößel 31 zwar auf. Allerdings besteht keine feste Verbindung zwischen den beiden Komponenten 16, 31. Grundsätzlich wäre es aber auch möglich, dass in einer Ausgangs- bzw. Ruhelage der Stößelfeder 35 ein Abstand zwischen Stößel 31 und Hebel 16 vorhanden ist, sodass der Hebel 16 zunächst bei einem Herunterschwenken frei einen bestimmten Wegabschnitt durchfährt und dabei Geschwin-

digkeit aufnimmt und dann mit einem hohem Impuls auf den Stößel 31 bzw. dessen Kontaktfläche 34 aufschlägt, um den Ausstoßimpuls zu erhöhen, den der Stößel 31 wiederum auf das Medium ausführt. Um eine nahezu konstante Vorspannung des Antriebssystems (Hebel-Piezoaktor-Bewegungssystem) zu ermöglichen, wird der Hebel 16, an dem Ende,
5 an dem er mit dem Stößel 31 in Kontakt kommt, durch eine Aktorfeder 19, nach oben gedrückt.

Die Fluidikeinheit 30 ist hier wie erwähnt mittels einer Fixierschraube 23 mit Aktoreinheit 10 verbunden. Der Stößel 31 ist mittels der Stößelfeder 35 einem Stößellager 37 aufgelagert, an welches sich nach unten eine Stößeldichtung 36 anschließt. Die Stößelfeder 35
10 drückt den Stößelkopf 33 vom Stößellager 37 in axialer Richtung nach oben weg. Somit wird auch eine Stößelspitze 32 von einem Dichtsitz 43 der Düse 40 weggedrückt. D. h. ohne äußeren Druck von oben auf die Kontaktfläche 34 des Stößelkopfs 33 befindet sich in der Ruhelage der Stößelfeder 35 die Stößelspitze 32 in einem Abstand vom Dichtsitz 43 der
15 Düse 40. Somit ist im Ruhezustand (nicht expandierten Zustand) des Piezoaktors 60 auch eine Düsenöffnung 41 frei bzw. unverschlossen.

Die Zuführung des Dosierstoffs zur Düse 40 erfolgt über eine Düsenkammer 42 zu der ein Zuführkanal 44 führt. Der Zuführkanal 44 ist andererseits mittels einer Reservoir-Schnittstelle 45 mit einem Medium-Reservoir 46 verbunden. Weiterhin kann die Fluidikeinheit 30 noch eine Reihe zusätzlicher Komponenten umfassen, die üblicherweise bei Dosiersystemen dieser Art Verwendung finden, wie z. B. ein Rahmenteil 47, eine Heizungseinrichtung 48 mit Heizungsanschlusskabeln 49 etc., um nur einige zu nennen. Da der grundsätzliche Aufbau von Dosiersystemen bekannt ist, werden der besseren Übersichtlichkeit wegen hier überwiegend solche Komponenten gezeigt, die zumindest mittelbar die Erfindung betreffen.
25

Das Dosiersystem 1 umfasst eine Kühleinrichtung 2 mit einer Zuführeinrichtung 21, um dem Gehäuse 11 der Aktoreinheit 10 ein vorgekühltes Kühlmedium zuzuführen. Die Zuführeinrichtung 21 umfasst hier einen Stecknippel 21 bzw. eine Schlauch-Olive 21 als Koppelstelle zum Anschluss einer Kühlmedium-Zuleitung (nicht gezeigt). Um das Kühlmedium direkt in die Aktorkammer 12 zu leiten, also ohne einen Bereich des Gehäuses 11 direkt zu kühlen, umfasst die Zuführeinrichtung 21 weiterhin einen sich an den Stecknippel 21 anschließenden Zuströmkanal 26. Es sei darauf hingewiesen, dass der Stecknippel 21 und der Zuströmkanal 26 hier und auch in den folgenden Figuren nur stellvertretend für eine Reihe von weiteren möglichen Komponenten einer Zuführeinrichtung 21 ste-
35

hen. Das einströmende Kühlmedium wird innerhalb der Aktorkammer 12 mittels strömungslenkender Elemente (hier nicht gezeigt) gezielt zu einer Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors 60 gelenkt, so dass vorzugsweise die gesamte Oberfläche des Piezoaktors 60 direkt mit dem Kühlmedium angeblasen wird.

5

In dieser Ausführungsform ist die Aktorkammer 12 durchgehend mit der Aktionskammer 13 verbunden. Somit kann das in die Aktorkammer 12 einströmende Kühlmedium, z. B. komprimierte und auf eine Solltemperatur abgekühlte Luft, durch die Kühleinrichtung gezielt so gelenkt werden, dass auch eine Anzahl von Teilbereichen des Bewegungsmechanismus direkt gekühlt wird. Die Kühleinrichtung ist dazu ausgebildet, innerhalb der Aktorkammer 12 und der Aktionskammer 13 einen Kühlmedium-Strom zu formen und so zu lenken, dass überwiegend nur die Oberflächen von zu kühlenden Teilbereichen fokussiert, vorzugsweise frontal, mit dem Kühlmedium beaufschlagt werden.

Demgegenüber werden andere Bereiche des Dosiersystems 1, die nicht direkt gekühlt werden sollen, z. B. eine Außenwandung des Gehäuses 11 oder eine Innenwandung der Aktorkammer 12 bzw. der Aktionskammer 13, nicht fokussiert mit dem Kühlmedium angeblasen. Letztere Bereiche werden von dem Kühlmedium zwar passiert bzw. gestreift („mitbeströmt“), aber nicht direkt angeströmt, so dass das Kühlmedium hier nicht seine volle Kühlleistung entfaltet.

Das Kühlmedium verlässt das Gehäuse mittels eines Abführkanals 27 einer Abführeinrichtung 22. Die Abführeinrichtung 22 ist hier als Teil der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung 2 ausgebildet.

25

Vorzugsweise kann mittels des Kühlmedium-Stroms auch mechanischer Abrieb aus der Aktorkammer 12 bzw. Aktionskammer 13 aus dem Dosiersystem 1 entfernt werden. In dieser Ausführungsform der Erfindung wird also eine Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors und des Bewegungsmechanismus gemeinsam, d. h. als eine Einheit, direkt gekühlt („kombinierte Kühlung“). Entsprechend umfasst das Dosiersystem 1 hier nur einen Kühlkreislauf.

Grundsätzlich können der Piezoaktor 60 und der Bewegungsmechanismus 14 im Betrieb des Dosiersystems mit einer konstanten Intensität direkt gekühlt werden („unregelmäßige Kühlung“). Es ist aber, wie in Figur 1 gezeigt, bevorzugt, dass die direkte Kühlung mittels der Steuereinheit 90 bedarfsgerecht geregelt wird. Da der Piezoaktor 60 und der Bewe-

35

gungsmechanismus 14 hier gemeinsam bzw. als eine Einheit gekühlt werden, benötigt die Steuereinheit 90 hier nur einen einzigen Steuer- und/oder Regelkreis. Beispielsweise könnte die Regelung der Kühlung in Abhängigkeit einer Temperatur der Aktoroberfläche (als Zustandsparameter) erfolgen, um den Piezoaktor 60 im Betrieb auf eine konstante
5 Länge zu regeln. Dazu kann der Piezoaktor 60 eine Anzahl von Temperatursensoren umfassen, wobei die entsprechenden Messwerte mittels Temperatursensor-Anschlusskabeln der Steuereinheit 90 zugeführt werden. Dies wird später anhand der Figuren 3 und 6 erläutert.

10 Die Steuereinheit 90 ist mit einer Kälteerzeugungsvorrichtung, z. B. einer Kompressionskälteanlage und/oder einem Wirbelrohr (siehe Figur 7), gekoppelt und steuert diese in Abhängigkeit des Zustandsparameters so an, dass dem Gehäuse 11 ein ausreichend abgekühltes Kühlmedium mit einem solchen Volumenstrom zugeführt und im Gehäuse 11 so verteilt wird, dass der zumindest eine Zustandsparameter in Folge der direkten Küh-
15 lung dauerhaft einem zugeordneten Sollwert entspricht.

Bei der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform kann es auf Grund der gemeinsamen Kühlung des Piezoaktors 60 und des Bewegungsmechanismus 14 vorkommen, dass der Bewegungsmechanismus 14 durch das Kühlmedium, welches z. B. auf eine Solltemperatur
20 des Piezoaktors abgestimmt ist, so stark abgekühlt wird, dass eine Verschleißkompensation von Teilen des Bewegungsmechanismus 14 unter Ausnutzung von entstehender Reibungswärme allein nicht möglich ist. Um dennoch den Vorteil einer konstruktiven Vereinfachung der Kühleinrichtung mit einer möglichst hohen Dosierpräzision zu kombinieren, kann eine thermisch bedingte Expansion eines Teilbereichs des Bewegungsmechanismus
25 14 gezielt bewirkt werden. Dazu umfasst das Gehäuse 11 eine Heizvorrichtung 51, hier eine Heizpatrone 51, welche mittels Heizpatronen-Anschlusskabeln 92 durch die Steuereinheit 90 angesteuert werden kann. Die von der Heizpatrone 51 generierte Wärme führt z. B. mittels Konduktion und/oder Wärmestrahlung zu einer Erwärmung zumindest eines Teilbereichs des Bewegungsmechanismus 14, z. B. des dem Stößelkopf 33 aufliegenden
30 Bereichs des Hebels 16 („Hebelkopf“) und/oder zu einer Erwärmung des Gehäuses 11 und damit zu einer entsprechenden Längenänderung des Gehäusematerials.

In Figur 1 ist in unmittelbarer Nähe zur Heizpatrone 51 ein Temperaturfühler 52 im Gehäuse 11 angeordnet, welcher mittels Temperatursensor-Anschlusskabeln 86 mit der
35 Steuereinheit 90 gekoppelt ist. Die vom Temperatursensor 52 ermittelten Daten können dazu genutzt werden, eine Temperatur in einem Bereich des Gehäuses 11 zu detektieren.

Die Steuereinheit 90 kann die Heizpatrone 51 so ansteuern, dass das Gehäuse 11, insbesondere ein die Aktionskammer 13 umfassender Bereich des Gehäuses 11, trotz der direkten Kühlung des Bewegungsmechanismus 14 mit dem Kühlmedium auf eine Solltemperatur erwärmt wird („überlappende Regelung“), um eine gewünschte thermische bedingte Expansion des Gehäuses 11 zu erreichen. Die thermisch bedingte Expansion
5 kann z. B. dazu führen, dass eine Länge des Gehäuses 11, welche hier der vertikalen Erstreckung des Gehäuses 11 entspricht, um einen gewünschten Betrag zunimmt. Dadurch kann auch eine Lage bzw. Position des Bewegungsmechanismus 14 gegenüber dem Piezoaktor 60 (relativ) geändert werden. Dies verändert die Position des Hebels 16
10 zum Ausstoßelement 31, da auch der Abstand des Hebellagers 18 zum Piezoaktor 60 davon beeinflusst wird, und damit wiederum den Abstand zwischen dem Ausstoßelement 31 und der Düse 40 des Dosiersystems 1.

Im Bereich der Aktionskammer 13 ist weiterhin ein Bewegungssensor 53, z. B. ein thermisch-kompensierter Hall-Sensor 53, angeordnet, der mit einem Magnet im Bereich des
15 „Hebelkopfs“ zusammenwirkt (nicht gezeigt), um eine hier überwiegend vertikale Bewegung des „Hebelkopfs“ in Folge einer Auslenkung des Piezoaktors 60 zu bestimmen. Die vertikale Bewegung des „Hebelkopfs“ entspricht im Wesentlichen einem (vertikalen) Hub des Stößels 31. Die Daten des Hall-Sensors 53 (Wegmessung je Stößelhub) werden der
20 Steuereinheit 90 zugeführt. Mittels dieser Daten lassen sich Rückschlüsse auf den tatsächlichen Abstand zwischen Stößelspitze 32 und Düse 40 bzw. Düsensitz 43 im geöffneten Zustand des Dosiersystems gewinnen (als Zustandsparameter). Die Steuereinheit 90 kann z. B. unter Berücksichtigung der Daten des Temperaturfühlers 52 und des Hall-Sensors 53 die Heizpatrone 51 so steuern, dass ein Sollhub des Stößels 31 trotz Ver-
25 schleiß der Komponenten des Bewegungsmechanismus 14 und/oder des Stößels 31 auch während der direkten Kühlung des Bewegungsmechanismus 14 stabil gehalten wird.

Das Gehäuse 11 umfasst einen vertikal verlaufenden luftgefüllten Schlitz 50, um die Heizpatrone 51 von dem zu kühlenden Piezoaktor 60 thermisch zu entkoppeln. Die von der
30 Heizpatrone 51 generierte Wärme wird somit überwiegend in Richtung des Bewegungsmechanismus 14 gelenkt. Je nach Ausführungsform des Dosiersystems 1 kann auch eine thermische Entkopplung der Aktorkammer 12 von der Aktionskammer 13 vorgesehen sein (Figur 2).

35 In Figur 2 sind Teile eines Dosiersystems gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Die Fluidikeinheit entspricht hier und auch in den Figuren 3 und 4 dem

Aufbau nach der Fluidikeinheit aus Figur 1, so dass diese Baugruppe nachfolgend der besseren Übersichtlichkeit wegen nur mehr teilweise gezeigt wird. Auch die Steuereinheit sowie die entsprechenden Kabel zur Kontaktierung des Piezoaktors bzw. der Heizpatrone und des Temperatursensors im Gehäuse sind um Wiederholungen zu sparen nachfolgend
5 nicht oder nur teilweise gezeigt.

Ein wesentlicher Unterschied zur Ausführungsform nach Figur 1 besteht darin, dass die Kühleinrichtung 2 des Dosiersystems 1 hier (Figur 2) zwei separat ausgebildete und ansteuerbare Kühlkreisläufe umfasst, um den Piezoaktor 60 unabhängig bzw. getrennt vom
10 Bewegungsmechanismus 14 direkt zu kühlen. Ein erster Kühlkreislauf der Kühleinrichtung 2 ist dazu ausgebildet, den Piezoaktor 60 direkt zu kühlen, wobei der Kühlkreislauf eine Zuführeinrichtung 21 mit einem Zuströmkanal 26 sowie eine damit zusammenwirkende Abführeinrichtung 25 mit einem Ausströmkanal 27 im unteren Bereich der Aktorkammer 12 umfasst.

15 Um die Kühlung des Piezoaktors 60 von der Kühlung des Bewegungsmechanismus 14 zu entkoppeln, ist zumindest ein O-Ring 54 zwischen einem Fußbereich des Piezoaktors 60, z. B. einer kreisförmigen Platte, auf die der Piezoaktor 60 befestigt ist, und einer Innenwandung der Aktorkammer 12 angeordnet. Der O-Ring 54 begrenzt also die Aktorkammer
20 12 nach unten hin und bildet eine Barriere für das Kühlmedium. Der O-Ring 54 ist bei dieser Ausführungsform ein Teil der Kühleinrichtung 2. Auf Grund der Unterteilung bildet sich unterhalb des O-Rings 54 im Bereich des Hebellagers 18 eine Kammer aus, welche nicht mehr vom Kühlkreislauf der Aktorkammer 12 umfasst ist. Diese Kammer ist mittels des Durchbruchs 15 mit der Aktionskammer 13 verbunden und wird daher bei dieser Ausführung
25 rungsform als Teil der Aktionskammer 13, also als eine einen Bewegungsmechanismus 14 des Dosiersystems 1 umgebende Kammer 13, betrachtet.

Die Kühleinrichtung 2 umfasst hier einen zweiten, separaten Kühlkreislauf zur direkten Kühlung zumindest eines Teilbereichs des Bewegungsmechanismus 14. Dazu weist die
30 (erweiterte) Aktionskammer 13 eine eigene Zuführeinrichtung 24 mit einem Zuströmkanal 26 für ein vorgekühltes Kühlmedium und eine damit zusammenwirkende Abführeinrichtung 22 mit einem Ausströmkanal 27 auf.

Die Kühleinrichtung 2 kann mittels der Steuereinheit (hier nicht gezeigt) so gesteuert werden, dass die beiden Kühlkreisläufe mittels der eigenständig ausgebildeten Zuführeinrichtung
35 21 bzw. 24 separat mit Kühlmedium versorgt werden. Beispielsweise kann der jewei-

lige Volumenstrom und die jeweilige Temperatur des zugeführten Kühlmediums bedarfsgerecht an eine jeweilige Situation des Piezoaktors 60 bzw. des Bewegungsmechanismus 14 angepasst werden. Eine weniger starke Kühlung des Bewegungsmechanismus 14 kann dazu führen, dass alleine die entstehende Reibungswärme des Bewegungsmechanismus 14 zur Verschleißkompensation ausreicht.

Das Gehäuse 11 umfasst hier weiterhin einen horizontalen luftgefüllten Schlitz 50, um den Piezoaktor 60, der ja typischerweise stärker gekühlt wird als der Bewegungsmechanismus 14, thermisch von dem Bewegungsmechanismus 14 zu entkoppeln. Somit können unerwünschte thermische Wechselwirkungen zwischen den beiden Kühlkreisläufen reduziert werden.

In Figur 3 ist eine weitere Ausführungsform eines Dosiersystems gezeigt, welches hinsichtlich der Kühleinrichtung im Wesentlichen dem aus Figur 1 entspricht. Allerdings umfasst der Piezoaktor hier ein Aktor-Gehäuse 62, in das ein Piezostapel hermetisch dicht eingekapselt ist. Die Beschaltung des Piezoaktors bzw. des Piezostapels erfolgt hier mittels der zwei äußeren Kontaktstifte 61 (siehe dazu auch Figur 6). Die beiden hier mittig gezeigten Kontaktstifte 61 werden dazu genutzt, um die Messwerte einer Anzahl von Temperatursensoren des Piezoaktors bzw. des Piezostapels aus der Aktorhülle 62 an die Steuereinheit (nicht gezeigt) zu übertragen. Dazu sind die Kontaktstifte 61 jeweils einerseits mittels Temperatursensor-Anschlusskabeln 86 mit der Steuereinheit und andererseits in der Aktorhülle 62 mit einem oder mehreren Temperatursensoren verbunden (nicht gezeigt).

Das in Figur 4 gezeigte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem Dosiersystem aus Figur 2. Allerdings ist auch hier, wie bereits für Figur 3 erläutert, ein in eine Aktorhülle 62 gekapselter Piezostapel in der Aktorkammer 12 angeordnet. Bei dieser Ausführungsform wird mittels eines ersten Kühlkreislaufes der Kühleinrichtung 2 also eine Anzahl von Teilbereichen einer Oberfläche bzw. zur Aktorkammer 12 hin weisenden Außenseite der Aktorhülle 62 direkt mit Kühlmedium beaufschlagt. Mittels eines zweiten Kühlkreislaufes der Kühleinrichtung 2 kann wie gesagt zumindest ein Teilbereich des Bewegungsmechanismus 14 mit dem vorgekühlten Kühlmedium beaufschlagt werden.

Figur 5 zeigt im Detail einen Teil einer Aktoreinheit mit einem gekapselten Piezoaktor für ein Dosiersystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die Aktorhülle 62 mit dem darin gekapselten Piezostapel ist in der Aktorkammer 12 so angeordnet, dass die Aktor-

hülle 62 zumindest im Bereich von Ausbuchtungen 82 unmittelbar an eine Innenseite 80 der Wandung 79 der Aktorkammer 12 grenzt. Zwischen den jeweiligen Ausbuchtungen 82 der Aktorhülle 62 sind periodisch im Wesentlichen horizontal verlaufende Einbuchtungen 83 angeordnet.

5

Die Kühleinrichtung 2 umfasst hier eine Kühlmedium-Zuleitung 84, welche an eine Pumpe 28 einer Zuführvorrichtung 21 gekoppelt ist. Alternativ könnte die Kühlmedium-Zuleitung 84 auch mit einer einstellbaren Kühlluftversorgung (nicht gezeigt) der Zuführvorrichtung 21 gekoppelt sein. Zur Regulierung der Kühlleistung ist die Pumpe 28 mittels eines Steueranschlusses 29 von der Steuereinheit 90 ansteuerbar. Um der Aktorkammer 12 das Kühlmedium zuzuführen, ist die Pumpe 28 mittels der Zuführeinrichtung 21 mit einem Zuströmkanal 26 für Kühlmedium verbunden.

10

Der Zuströmkanal 26 der Kühleinrichtung 2 verläuft hier unmittelbar entlang einer Außenseite 81 der Kammerwandung 79, d. h. der Zuströmkanal 26 wird durch die Außenseite 81 der Kammerwandung 79 sowie das Gehäuse 11 begrenzt. Der Zuströmkanal 26 weist entlang der Aktorkammer 12 eine Anzahl von Durchbrüchen 88 bzw. Öffnungen 88 der Kammerwandung 79 auf. Ein jeweiliger Durchbruch 88 stellt also eine Verbindung zwischen Zuströmkanal 26 und Aktorkammer 12 dar.

15

Zur direkten Kühlung einer Anzahl von Teilbereichen der Aktorhülle 62 ist diese derart in der Aktorkammer 12 positioniert, dass jeweils ein Durchbruch 88 zwischen Zuströmkanal 26 und Aktorkammer 12 sowie ein damit zusammenwirkender Durchbruch 88' (hier links dargestellt) zwischen Aktorkammer 12 und einem Ausströmkanal 27 in einer horizontalen Ebene mit einer einzelnen Rinne 83 der Aktorhülle 62 angeordnet sind.

20

Somit wird das durch einen jeweiligen Durchbruch 88 aus dem Zuströmkanal 26 in die Aktorkammer 12 einströmende gasförmige und/oder flüssige Kühlmedium entlang einer jeweiligen Rinne 83, welche vertikal durch die angrenzenden Ausbuchtungen 82 begrenzt wird, im Wesentlichen horizontal entlang der Aktorhülle 62 geführt und gelangt schließlich in den Ausströmkanal 27 bzw. mittels der Abführeinrichtung 25 in eine Kühlmedium-Ableitung 85 der Kühleinrichtung 2. Bei dieser Ausführungsform wird also eine Anzahl von Teilbereichen der Aktorhülle 62 direkt gekühlt. Um auch den eingekapselten Piezostapel effektiv zu kühlen, kann in der Aktorhülle 62 ein wärmeleitendes Medium angeordnet sein, wie anhand Figur 6 erläutert wird.

25

30

35

Figur 6 zeigt im Detail eine mögliche Ausführungsform eines gekapselten Piezoaktors zur Verwendung in einem Dosiersystem. Das piezoelektrisch aktive Material 67, also der Piezostapel 67, ist zwischen einem Deckel 64 und einem Boden 63 der Aktorhülle 62 angeordnet und seitlich von einem faltenartigen Mantel 74 umgeben. Der Mantel 74 ist fest mit dem Deckel 64 und dem Boden 63 verbunden, um den Piezostapel 67 hermetisch von seiner Umgebung abzuschotten. Der Deckel 64 umfasst vier Glasdurchführungen 65 (hier nur eine gezeigt) mittels derer jeweils ein Kontaktstift 61 hermetisch dicht und elektrisch isoliert aus dem Innenraum der Aktorhülle 62 nach außerhalb der Aktorhülle 62 geführt wird. Zur Beschaltung des Piezostapels 67 ist jeweils ein Kontaktstift 61 mit einer Außenelektrode 70 des Piezostapels 67 verbunden, z. B. verlötet. Insgesamt zwei Außenelektroden 70 verlaufen auf zwei gegenüberliegenden Seiten des Piezostapels 67 entlang dessen Längserstreckung zwischen den beiden inaktiven Kopf- bzw. Fußbereichen 73 auf der Außenseite bzw. Oberfläche 77 des Piezostapels 67.

In der Aktorhülle 62 sind vier Temperatursensoren 78 angeordnet; drei davon auf der Oberfläche 77 des Piezostapels 67 entlang der Längserstreckung des Piezostapels 67 und ein weiterer in Messkontakt mit dem Mantel 74 bzw. der Innenwandung 74 der Aktorhülle 62. Üblicherweise kann ein jeweiliger Temperatursensor 78 mit jeweils zwei Kontaktstiften 61 (hier nicht gezeigt) verbunden sein, um Messwerte zu generieren bzw. an die Steuereinheit zu übertragen. Zur Übertragung der Messsignale einer Mehrzahl von Temperatursensoren 78 an die Steuereinheit können die einzelnen Sensorsignale auch auf nur einen Kontaktstift 61 gelegt und in geeigneter Weise moduliert werden, sofern es sich bei den Temperatursensoren 78 um busfähige IC-Temperaturfühler handelt.

In der Aktorhülle 62 ist weiterhin ein Dehnmessstreifen 87 auf der Oberfläche 77 des Piezostapels 67 angeordnet. Der Dehnmessstreifen 87 erstreckt sich hier im Wesentlichen entlang der gesamten Längserstreckung des gekapselten Piezostapels 67, also zwischen einem inaktiven Fuß- bzw. Kopfbereich 73. Die entsprechenden Messwerte (Zustandsparameter) des Dehnmessstreifens 87 können mittels Kontaktstiften 61 an die Steuereinheit des Dosiersystems übertragen werden (nicht gezeigt). Ein weiterer Dehnmessstreifen 87 ist an der Außenseite der Aktorhülle 62 angeordnet, wobei sich der Dehnmessstreifen 87 dort zwischen dem Boden 63 und dem Deckel 64 erstreckt und somit eine Gesamtauslenkung, insbesondere auch eine temperaturbedingte Längenänderung, des gekapselten Piezostapels 67 detektieren kann.

Um den Piezostapel 67 trotz der Kapselung effektiv zu kühlen, umfasst die Aktorhülle 62 ein flüssiges und/oder festes Füllmedium 75, welches die im Betrieb entstehende Wärme effizient von der Oberfläche 77 abführt und an einen Bereich des Aktorhülle 62 überträgt, der von der direkten Kühlung mittels der Kühleinrichtung umfasst ist. Das Füllmedium
5 kann auch ein feuchtigkeitsunterdrückendes Medium umfassen. Die Aktorhülle 62 umfasst weiterhin einen Expansionsbereich 76, z. B. eine Gasblase 76 oder einen gasgefüllten Bereich 76.

Figur 7 zeigt schematisch den Aufbau einer Kühleinrichtung 2 gemäß einer Ausführungsform des Dosiersystems zur direkten Kühlung einer Anzahl von Teilbereichen des Piezo-
10 aktors bzw. des Bewegungsmechanismus. Die Steuereinheit 90 steuert eine Kälteerzeugungsvorrichtung 55 der Kühleinrichtung 2, z. B. eine Kompressionskältemaschine 55, in Abhängigkeit zumindest eines Zustandsparameters des Dosiersystems 1 so an, dass das Kühlmedium auf eine bestimmte (erste) Temperatur abgekühlt wird. Das Kühlmedium,
15 z. B. komprimierte Raumluft, wird der Kältemaschine 55 mittels einer Kühlmedium-Zuführung KMZ zugeführt. Das aus der Kältemaschine 55 austretende Kühlmedium ist bereits auf eine Temperatur unterhalb der Umgebungstemperatur des Dosiersystems 1 abgekühlt worden und gelangt mittels geeigneter isolierter Leitungen zu einem nachgeschalteten Wirbelrohr 57 der Kühleinrichtung 2.

20 Um das vortemperierte Kühlmedium mittels des Wirbelrohrs 57 gezielt auf eine endgültige (Soll-)Temperatur abzukühlen, umfasst das Wirbelrohr 57 ein steuerbares Regel-Ventil 94 im Bereich eines Heißluftausgangs HAW des Wirbelrohrs 57. Mittels des Ventils 94 können sowohl die Temperatur als auch der (Volumen-)Strom des abgekühlten Kühlmediums („Kaltluftanteil“) reguliert werden. Grundsätzlich führt ein Öffnen des Ventils zu einer Reduzierung des Stroms wie auch der Temperatur der aus dem Wirbelrohr 57 austretenden abgekühlten Luft. Das abgekühlte Kühlmedium verlässt das Wirbelrohr 57 an einem Kaltluftausgang des Wirbelrohrs 57 in einer Richtung SKM. Ein „Heißluftanteil“ des Wirbelrohrs wird mittels des Heißluftausgangs HAW vom Wirbelrohr 57 bzw. Dosiersystem 1
30 weggeführt. Zur Regulierung des Volumenstroms des in das Wirbelrohr 57 eintretenden Kühlmediums kann dem Wirbelrohr 57 ein Proportionalventil 56 vorgeschaltet sein, welches mittels der Steuereinheit 90 ansteuerbar ist.

Bei der hier gezeigten Ausführungsform der Kühleinrichtung 2 wird das Kühlmedium mittels einer Kühlmedium-Zuleitung 84, welche einerseits mit dem Wirbelrohr 57 und andererseits mit einer Zuführeinrichtung 21 gekoppelt ist, in das Gehäuse 11 des Dosiersys-
35

tems 1 eingebracht, um eine Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors und des Bewegungsmechanismus gemeinsam zu kühlen („kombinierte Kühlung). Zwischen dem Wirbelrohr 57 und der Zuführeinrichtung 21 ist hier ein steuerbarer Druckminderer 59 vorgesehen.

5

Die beschriebenen Stellglieder, die steuerbare Kompressionskältemaschine 55, das Proportionalventil 56, der Druckminderer 59 und das steuerbare Regel-Ventil 94 können dabei einzeln oder auch ergänzend Verwendung finden. Die gezeigte Anordnung des prinzipiellen Kühlkreislaufes zeigt somit eine nahezu maximale Ausbaustufe, um die Einzelbestandteile in ihrer Funktion zu beschreiben.

10

Sofern die Kühleinrichtung 2 anders als hier gezeigt zwei separate Kühlkreisläufe umfasst, kann ein erstes Wirbelrohr 57 zur bedarfsgerechten Kühlung des Piezoaktors und ein zweites Wirbelrohr 57 zur bedarfsgerechten Kühlung des Bewegungsmechanismus vorgesehen sein.

15

Das Kühlmedium wird mittels der Kühleinrichtung 2 so durch das Gehäuse 11 geführt, dass eine Anzahl von Teilbereichen des Piezoaktors und des Bewegungsmechanismus direkt gekühlt wird. Anschließend wird das Kühlmedium, das sich in Folge der Wärmeabfuhr vom Piezoaktor bzw. Bewegungsmechanismus erwärmt haben kann, mittels zumindest einer Abführeinrichtung 22 bzw. einer Kühlmedium-Ableitung 85 aus dem Gehäuse 11 entfernt bzw. im Bereich eines Heißluftausgangs HAD von der Aktoreinheit 10 weggeführt. Im Bereich des Heißluftausgangs HAD ist hier ein weiterer Druckminderer 59 angeordnet.

20

Die Druckminderer 59 sind hier als optionale Komponenten der Kühleinrichtung 2 gezeigt. Grundsätzlich ist bereits das Proportionalventil 56 ausgebildet, den Druck in der Kühlmedium-Zuleitung 84 bzw. im Kühlkreislauf über den ermöglichten Durchfluss durch das Wirbelrohr 57 einzustellen, z. B. zu reduzieren. Weiterhin führen auch die Durchströmung des Wirbelrohrs 57 mit Kühlmedium und die Aufteilung in einen Heißluftteil und einen Kaltluftteil zu einer Druckreduzierung.

25

Das Gehäuse 11 umfasst eine Heizpatrone 51, welche mittels der Steuereinheit 90 so steuerbar ist, dass zumindest ein Teilbereich des Bewegungsmechanismus auf eine (Soll-) Temperatur erwärmt wird. Weiterhin ist eine Anzahl von Temperatursensoren 78, 52 in der Aktoreinheit 10 angeordnet, um eine Temperatur zumindest eines Teilbereichs

30

35

des Piezoaktors bzw. des Bewegungsmechanismus zu erfassen. Die entsprechenden Daten werden der Steuereinheit 90 als Zustandsparameter des Dosiersystems zugeführt.

In Abhängigkeit dieser bzw. weiterer Zustandsparameter kann die Steuereinheit 90 ein
5 Temperaturmanagement des Dosiersystems berechnen bzw. durchführen, um eine möglichst konstante, hohe Dosierpräzision zu erreichen. Dazu kann die Steuereinheit 90 die einzelnen Komponenten der Kühleinrichtung 2, also die Kältemaschine 55, das Proportionalventil 56, das Wirbelrohr 57 bzw. das Regel-Ventil 94, die Druckminderer 59, die Heizpatrone 51 sowie ggf. weitere Komponenten mit entsprechenden Steuersignalen beauf-
10 schlagen.

Es wird abschließend noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den vorhergehend detailliert beschriebenen Dosiersystemen lediglich um Ausführungsbeispiele handelt, welche vom Fachmann in verschiedenster Weise modifiziert werden können, ohne
15 den Bereich der Erfindung zu verlassen. So kann beispielsweise eine einzelne Kältemaschine mit einer Mehrzahl von Wirbelrohren gekoppelt sein. Weiterhin schließt die Verwendung der unbestimmten Artikel „ein“ bzw. „eine“ nicht aus, dass die betreffenden Merkmale auch mehrfach vorhanden sein können.

Bezugszeichenliste

- 1 Dosiersystem
- 2 Kühleinrichtung
- 5 10 Aktoreinheit
- 11 Gehäuse Aktoreinheit
- 12 Aktorkammer
- 13 Aktionskammer
- 14 Bewegungsmechanismus
- 10 15 Durchbruch
- 16 Hebel
- 17 Kontaktfläche Hebel
- 18 Hebellager
- 19 Aktorfeder
- 15 20 Drückstück
- 21 Zuführeinrichtung / Aktorkammer
- 22 Abführeinrichtung / Aktionskammer
- 23 Fixierschraube
- 24 Zuführeinrichtung / Aktionskammer
- 20 25 Abführeinrichtung / Aktorkammer
- 26 Zuströmkanal
- 27 Ausströmkanal
- 28 Pumpe
- 29 Steueranschluss Pumpe
- 25 30 Fluidikeinheit
- 31 Stößel
- 32 Stößelspitze
- 33 Stößelkopf
- 34 Kontaktfläche Stößel
- 30 35 Stößelfeder
- 36 Stößeldichtung
- 37 Stößellager
- 40 Düse
- 41 Düsenöffnung
- 35 42 Düsenkammer
- 43 Dichtsitz

- 44 Zuführkanal
- 45 Reservoir-Schnittstelle
- 46 Medium-Reservoir
- 47 Rahmenteil
- 5 48 Heizungseinrichtung Fluidikeinheit
- 49 Heizungsanschlusskabel
- 50 Schlitz / Gehäuse
- 51 Heizpatrone Aktoreinheit
- 52 Temperaturfühler Gehäuse
- 10 53 Hall-Sensor
- 54 O-Ring
- 55 Kältemaschine
- 56 Proportionalventil; Drosselventil
- 57 Wirbelrohr
- 15 59 Druckminderer
- 60 Piezoaktor
- 61 Kontaktstift
- 62 Piezoaktor-Gehäuse; Aktorhülle
- 63 Boden (Aktorhülle)
- 20 64 Deckel (Aktorhülle)
- 65 Glasdurchführung
- 66 Piezoaktor-Steueranschlüsse
- 67 Piezostapel
- 70 Außenelektrode
- 25 73 inaktiver Bereich
- 74 Mantel (Aktorhülle)
- 75 Füllmedium
- 76 Expansionsbereich
- 77 Aktoroberfläche
- 30 78 Temperaturfühler Piezoaktor
- 79 Kammerwandung
- 80 Innenseite Kammerwandung
- 81 Außenseite Kammerwandung
- 82 Ausbuchtung Aktorhülle
- 35 83 Einbuchtung Aktorhülle
- 84 Kühlmedium-Zuleitung

- 85 Kühlmedium-Ableitung
- 86 Temperatursensor-Anschlusskabel
- 87 Dehnmessstreifen
- 88, 88' Durchbruch
- 5 90 Steuereinheit
- 91 Steuereinheit-Anschlusskabel
- 92 Heizpatronen-Anschlusskabel
- 94 Regel-Ventil Wirbelrohr
- HAD Heißluftausgang Dosiersystem
- 10 HAW Heißluftausgang Wirbelrohr
- K Kippachse
- KMZ Kühlmedium-Zuführung
- R Ausstoßrichtung
- SKM Strömungsrichtung Kühlmedium

Patentansprüche

1. Dosiersystem (1) für einen Dosierstoff mit einer Düse (40), einem Zuführkanal (44) für Dosierstoff, einem Ausstoßelement (31), einer mit dem Ausstoßelement (31) und/oder der Düse (40) gekoppelten Aktoreinheit (10) mit einem Piezoaktor (60) und einer Kühleinrichtung (2), wobei die Kühleinrichtung (2) eine Zuführeinrichtung (21, 24, 26) zum Zuführen eines vorgekühlten Kühlmediums in ein Gehäuse (11) des Dosiersystems (1) umfasst, wobei die Kühleinrichtung (2) zur direkten Kühlung zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors (60) und/oder zumindest eines Teilbereichs eines mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14) mittels des vorgekühlten Kühlmediums ausgebildet ist.
2. Dosiersystem nach Anspruch 1, wobei der Piezoaktor (60) ein Aktor-Gehäuse (62) umfasst, in welches Piezoelemente (67) eingekapselt sind.
3. Dosiersystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Kühleinrichtung (2) dazu ausgebildet ist, die Kühlung zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors (60) und/oder zumindest eines Teilbereichs des mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14) in Abhängigkeit zumindest eines Zustandsparameters zu steuern und/oder zu regeln.
4. Dosiersystem nach Anspruch 3, wobei der zumindest eine Zustandsparameter eine Temperatur in zumindest einem Teilbereich des Piezoaktors (60) und/oder eine Temperatur in zumindest einem Teilbereich des mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14) ist.
5. Dosiersystem für einen Dosierstoff mit einer Düse (40), einem Zuführkanal (44) für Dosierstoff, einem Ausstoßelement (31), einer mit dem Ausstoßelement (31) und/oder der Düse (40) gekoppelten Aktoreinheit (10) mit einem Piezoaktor (60) und einer Kühleinrichtung (2), welche dazu ausgebildet ist, zumindest einen Teilbereich des Piezoaktors (60) und/oder zumindest einen Teilbereich eines mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14) in Abhängigkeit zumindest eines Zustandsparameters gesteuert und/oder geregelt zu kühlen, insbesondere nach Anspruch 3 oder 4, wobei der zumindest eine Zustandsparameter eine Länge zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors (60) und/oder ein Abstand zwischen dem Ausstoßelement (31) und der Düse (40) des Dosiersystems (1) und/oder eine Dosiermenge ist.

6. Dosiersystem nach einem der vorstehenden Ansprüche 3 bis 5, wobei das Dosiersystem (1) zur Bestimmung des Zustandsparameters einen Temperatursensor (52, 78) und/oder einen Dehnungssensor (87) und/oder einen Bewegungssensor (53) umfasst.

5

7. Dosiersystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kühleinrichtung (2) dazu ausgebildet ist, die Kühlung zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors (60) separat zu steuern und/oder zu regeln, insbesondere getrennt von der Steuerung und/oder Regelung der Kühlung zumindest eines Teilbereichs des mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14).

10

8. Dosiersystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das vorgekühlte Kühlmedium dazu ausgebildet ist, zumindest einen Teilbereich des Piezoaktors (60) und/oder zumindest einen Teilbereich des mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14) auf eine Solltemperatur zu kühlen.

15

9. Dosiersystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kühleinrichtung (2) zum Kühlen des Kühlmediums zumindest eine Kälteerzeugungsvorrichtung (55, 57) umfasst.

20

10. Dosiersystem nach Anspruch 9, wobei die Kälteerzeugungsvorrichtung (55) dazu ausgebildet ist, das Kühlmedium auf eine vorgebbare Temperatur abzukühlen.

11. Dosiersystem nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Kälteerzeugungsvorrichtung (55, 57) ein Wirbelrohr (57) umfasst und wobei das Wirbelrohr (57) zur Regelung der Temperatur des Kühlmediums vorzugsweise ein verstellbares Ventil (94) umfasst.

25

12. Dosiersystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Teilbereich des mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14) eine Heizvorrichtung (51) zur Erwärmung zumindest eines Teilbereichs des mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14) umfasst.

30

13. Dosiersystem nach Anspruch 12, wobei die Heizvorrichtung (51) dazu ausgebildet ist, in einem Zusammenspiel mit der Kühleinrichtung (2) des Dosiersystems (1) zumindest einen der folgenden Zustandsparameter konstant zu halten:

35

- eine Temperatur in zumindest einem Teilbereich des Piezoaktors (60) und/oder in zumindest einem Teilbereich des mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14)
- eine Länge zumindest eines Teilbereichs des Piezoaktors (60)
- 5 - ein Abstand zwischen dem Ausstoßelement (31) und der Düse (40)
- eine Dosiermenge des Dosierstoffs.

14. Verfahren zum Betrieb eines Dosiersystems (1) zur Dosierung von Dosierstoff, wobei das Dosiersystem (1) eine Düse (40), einen Zuführkanal (44) für Dosierstoff, ein Ausstoß-
10 element (31), eine mit dem Ausstoßelement (31) und/oder der Düse (40) gekoppelte Aktoreinheit (10) mit einem Piezoaktor (60) und eine Kühleinrichtung (2) umfasst, wobei einem Gehäuse (11) des Dosiersystems (1) ein vorgekühltes Kühlmedium mittels einer Zuführeinrichtung (21, 24, 26) der Kühleinrichtung (2) zugeführt wird und wobei zumindest ein Teilbereich des Piezoaktors (60) und/oder zumindest ein Teilbereich eines mit dem
15 Piezoaktor (60) gekoppelten Bewegungsmechanismus (14) mittels des vorgekühlten Kühlmediums durch die Kühleinrichtung (2) direkt gekühlt wird.

15. Verfahren zur Herstellung eines Dosiersystems (1) zur Dosierung von Dosierstoff mit einer Aktoreinheit (10) mit einem Piezoaktor (60), wobei das Dosiersystem (1) mit einer
20 Kühleinrichtung (2) ausgestattet wird, wobei die Kühleinrichtung (2) mit einer Zuführeinrichtung (21, 24, 26) zum Zuführen eines vorgekühlten Kühlmediums in ein Gehäuse (11) des Dosiersystems (1) bestückt wird, und wobei das Dosiersystem (1), insbesondere die Kühleinrichtung (2), so ausgebildet wird, dass zumindest ein Teilbereich des Piezoaktors (60) und/oder zumindest ein Teilbereich eines mit dem Piezoaktor (60) gekoppelten Be-
25 wegungsmechanismus (14) mittels des vorgekühlten Kühlmediums direkt gekühlt wird.