

Aktormodul

5 Die Erfindung betrifft ein Aktormodul mit einem hermetisch verschlossenen, sich in einer Axialrichtung längserstreckenden Modulgehäuse mit zumindest einem im Modulgehäuse angeordneten Piezoaktor und mit elektrischen Anschlüssen zumindest für den Piezoaktor und ein Dosiersystem mit einem solchen Aktormodul.

10 Piezokeramische Vielschichtaktoren oder kurz Piezoaktoren bestehen aus einer Vielzahl von gestapelten dünnen Schichten eines piezoelektrischen Materials, z. B. Blei-Zirkonat-Titanat. Bei solchen mehrlagigen Piezoaktoren (auch „Multilayer-Elemente“, „Piezostack“ oder „Piezostapel“ genannt) erfolgt eine Kaskadierung dadurch, dass mehrere dünne Pie-
15 zoelemente mit dazwischenliegenden Innenelektroden zusammengefügt werden. Die Innenelektroden werden alternierend an eine Oberfläche des Piezoaktors geführt, wobei zwei Außenelektroden die jeweiligen Innenelektroden verbinden. Die Innenelektroden werden elektrisch parallelgeschaltet und zu zwei Gruppen zusammengefasst, welche die An-
20 schlusspole des Piezoaktors ausbilden. Beim Anlegen einer elektrischen Spannung an die Anschlusspole wird diese auf die Innenelektroden parallel übertragen und bewirkt darüber ein elektrisches Feld in den Schichten des piezoelektrischen Materials. Die Summe der mechanischen Verformungen der einzelnen Schichten des piezoelektrischen Materials ergibt die nutzbare Dehnung und/oder Kraft des Piezoaktors.

Piezoaktoren werden in unterschiedlichen technischen Gebieten eingesetzt, z. B. in Stell-
25 und Positionierantrieben oder in Dosiersystemen zur gezielten Dosierung von flüssigen bis zähflüssigen Dosierstoffen, insbesondere in sogenannten Jetventilen. Besondere Vorteile von Piezoaktoren sind beispielsweise, dass sie eine große Steifigkeit und Druck-Belastbarkeit haben, eine hohe Positionsauflösung ermöglichen, ein schnelles Ansprechverhalten zeigen und hohe Beschleunigungen bewirken und prinzipiell verschleißfrei arbeiten.

30 Ungeachtet dieser Vorteile hat sich die Wärmeabfuhr von Piezoaktoren in der Vergangenheit häufig als unzureichend herausgestellt. Insbesondere bei Piezoaktoren, die zum Schutz gegen äußere Einflüsse in einer Umhüllung angeordnet sind, z. B. ein verschlossenes Gehäuse mit einem darin befindlichen Piezoaktor, kann es vorkommen, dass eine aus-
35 reichende Wärmeabfuhr vom Piezoaktor im Betrieb nicht gewährleistet ist. Die Temperatur eines Piezoaktors kann sich in jedem Ansteuerzustand auf die Geometrie des Piezoaktors

auswirken, unter anderem auf dessen Längserstreckung in einem (ungeschalteten) Ruhezustand.

In Folge einer thermisch bedingten Längenänderung, insbesondere auf Grund einer unzureichenden Wärmeableitung vom Piezoaktor im Betrieb, kann die in Folge einer Beschaltung des Piezoaktors bewirkte Längsdehnung des Piezoaktors und/oder eine erzeugte Kraft und/oder eine Position des Piezoaktors innerhalb einer Maschine von einem bestimmten Sollwert abweichen. Da in vielen Anwendungsfällen eine besonders hohe Präzision im Betrieb des Piezoaktors aber erforderlich ist, soll eine temperaturbedingte Längenänderung eines Piezoaktors möglichst vermieden werden.

Folglich können bekannte Piezoaktoren, insbesondere Piezoaktoren, die in einer dicht verschlossenen Umhüllung angeordnet sind, beispielsweise in einem metallenen Modulgehäuse, ggf. unter Verwendung eines bestimmten, z. B. wasserabsorbierenden Mediums im Modulgehäuse, in vielen technischen Gebieten nur bedingt eingesetzt werden. Insbesondere bei den eingangs genannten Jetventilen, die derzeit typischerweise mit hohen Taktfrequenz von mehr als 1 kHz arbeiten, wobei im Piezoaktor eine entsprechend große Verlustwärme entsteht, ist ein Aktormodul wünschenswert, das eine ausreichende Wärmeableitung von der Oberfläche des Piezoaktors und zugleich eine wirksame Abschirmung des Piezoaktors vor schädigenden Umweltbedingungen für einen zuverlässigen Betrieb ermöglicht.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Aktormodul mit einem hermetisch verschlossenen Gehäuses sowie ein Dosiersystem mit einem solchen Aktormodul bereitzustellen, mit dem die zuvor beschriebenen Nachteile vermieden oder zumindest verringert werden können.

Diese Aufgabe wird durch ein Aktormodul gemäß Patentanspruch 1 und ein Dosiersystem nach Patentanspruch 10 gelöst.

Ein erfindungsgemäßes Aktormodul weist ein hermetisch dicht, insbesondere in sich dicht, verschlossenes Modulgehäuse auf. Das Modulgehäuse erstreckt sich längs, insbesondere in Längsrichtung, in einer Axialrichtung. Mit anderen Worten wird die Richtung einer längsten Erstreckung des Modulgehäuses als Axialrichtung bezeichnet. Die Axialrichtung ist vorzugsweise parallel zur Längserstreckung des im Modulgehäuse angeordneten Piezoaktors.

Bevorzugt ist das Modulgehäuse in Axialrichtung länger als in einer zur Axialrichtung orthogonalen Richtung. Vorzugsweise kann das Modulgehäuse im Wesentlichen „hohlzylindrisch“ ausgebildet bzw. geformt sein, also einen runden Querschnitt aufweisen.

- 5 In einem Inneren des Modulgehäuses ist zumindest ein Piezoaktor angeordnet, welcher vorzugsweise vollständig hermetisch dicht eingekapselt ist. Er kann beispielsweise mittig darin ausgerichtet sein. Grundsätzlich ist es aber auch denkbar, dass zwei oder mehr Piezoaktoren in dasselbe Modulgehäuse hermetisch dicht eingeschlossen sind. Beispielsweise könnten zwei separat ansteuerbare Piezoaktoren im Wesentlichen parallel zueinander in demselben Modulgehäuse angeordnet sein. Die Erfindung wird nachfolgend, ohne
10 eine Beschränkung darauf und sofern nicht anders erwähnt, anhand eines Modulgehäuses mit nur einem Piezoaktor beschrieben.

- Der Piezoaktor kann insbesondere ein piezokeramischer Vielschichtaktor sein, der in
15 Längsrichtung eine Vielzahl von Schichten aufweist. Das Aktormodul weist wenigstens zwei elektrische Anschlüsse zumindest für den Piezoaktor auf. Die elektrischen Anschlüsse sind, insbesondere hermetisch dicht und elektrisch isoliert, durch eine Modulgehäusewandung des Modulgehäuses geführt.

- 20 Im Rahmen der Erfindung wird der Begriff „hermetisch“ verschlossen so verstanden, dass das Modulgehäuse so ausgebildet ist, dass keine Stoffe das Modulgehäuse passieren können bzw. keine Stoffe durch das verschlossene Modulgehäuse hindurchtreten können. Das Modulgehäuse ist „hermetisch“ so verschlossen, dass im Betrieb des Aktormoduls keine Feststoffe und/oder keine Flüssigkeiten und/oder keine Gase von außen in das Modulgehäuse eintreten können. Insofern ist das hermetisch verschlossene Modulgehäuse auch als
25 impermeables Modulgehäuse zu bezeichnen, welches so undurchlässig aufgebaut ist, dass nichts eindringen oder austreten kann. Das Modulgehäuse bildet bevorzugt einen „absolut dichten“ Abschluss bzw. Einschluss des Piezoaktors gegenüber einer Umgebung des Modulgehäuses aus, d. h. der Piezoaktor ist umseitig vom Modulgehäuse umgeben bzw. eingehaust. Unter einem „absolut dichten“ Modulgehäuse wird verstanden, dass insbesondere
30 ein Austausch von Luft und/oder Wassermolekülen über das Modulgehäuse verhindert wird. Entsprechend kann das Modulgehäuse für eine bestimmte Betriebszeit zumindest (relativ) in Bezug auf Luft und/oder Wassermoleküle „absolut dicht“ sein, insbesondere um eine Langzeitdiffusion von Wassermolekülen durch die Materialien des Modulgehäuses im
35 Betrieb zu unterbinden. Die Dichtheit des Modulgehäuses kann z. B. über einen Helium-

Lecktest geprüft werden. Das Modulgehäuse kann insbesondere ein tiefgezogenes Modulgehäuse sein, wie später beschrieben wird.

5 Damit unterscheidet sich das Modulgehäuse von bekannten Umhüllungen wie beispielsweise Metallhülsen, die auf einen Piezoaktor nur aufgeschoben werden, wobei dann einzelne Piezoaktorbereiche, wie z. B. ein Aktorende, aus der Hülse hinausragen. Solche Hülsen sind also kein „hermetisch“ verschlossenes Modulgehäuse im Sinne der Erfindung.

10 Weiter ist in einem Gehäuseinnenraum im Inneren des Modulgehäuses zwischen dem Piezoaktor, insbesondere einer Oberfläche des Piezoaktors, und der Modulgehäusewandung, insbesondere einer Innenseite, eine Vergussmasse angeordnet, welche die Modulgehäusewandung, insbesondere im Betrieb des Piezoaktors, elektrisch gegenüber dem Piezoaktor isoliert. Ein Isolationswiderstand der Grundkomponenten der Vergussmasse, insbesondere einer Grundmasse, z. B. ein Silikongel, beträgt vorzugsweise zumindest $1 \cdot 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$,
15 bevorzugt zumindest $1 \cdot 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$, insbesondere zumindest $1 \cdot 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ oder mehr.

An dieser Stelle sei explizit noch einmal erwähnt, dass bei mehr als einem Piezoaktor im Modulgehäuseinnenraum die Vergussmasse dann sowohl zwischen den jeweiligen Piezoaktoren als auch um die Piezoaktoren herum zwischen der Modulgehäusewandung und
20 den jeweiligen Piezoaktoren eingebracht sein kann.

Erfindungsgemäß ist die Vergussmasse wärmeleitend ausgebildet. Bevorzugt ist Vergussmasse wärmeleitend so ausgebildet, dass die im Betrieb vom Piezoaktor erzeugte Wärme von innen, insbesondere von einer Piezoaktoroberfläche, durch die Vergussmasse nach
25 außen zur Modulgehäusewandung abgeleitet werden kann. Die vom Piezoaktor abgeleitete Wärme kann insbesondere Verlustwärme sein, die im Betrieb des Piezoaktors entsteht. Bevorzugt kann die Vergussmasse zumindest einen wärmeleitenden Hilfsstoff umfassen zur Ausbildung einer Wärmeleitfähigkeit der Vergussmasse.

30 Eine Wärmeleitfähigkeit der Vergussmasse (im Modulgehäuseinnenraum) kann zumindest $0,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, vorzugsweise zumindest etwa $1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, bevorzugt zumindest etwa $1,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, weiter bevorzugt zumindest etwa $2,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, besonders bevorzugt zumindest etwa $2,25 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, insbesondere zumindest etwa $2,45 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, sein.

Weiter weist dabei die Modulgehäusewandung des Modulgehäuses einen Wellenbalg mit einer Wellenkontur auf. Es kann vorgesehen sein, dass nur ein bestimmter Teil der Modulgehäusewandung einen Wellenbalg aufweist, wobei dann zumindest ein Bereich der Gehäusewandung ohne Wellenbalg ausgebildet ist. Beispielsweise können die Stirnseiten des Modulgehäuses, die das Modulgehäuse in Axialrichtung begrenzen, ohne Wellenbalg ausgebildet sein. Unter einer Wellenkontur wird hier eine wellenförmige Struktur der Modulgehäusewandung und/oder einer, insbesondere äußeren, Oberfläche der Modulgehäusewandung verstanden, welche in Axialrichtung des Modulgehäuses abwechselnd Senken bzw. Vertiefungen und Erhebungen aufweist. Bevorzugt können die jeweiligen Vertiefungen konkav und die jeweiligen Erhebungen konvex ausgebildet sein. Der Wellenbalg kann vorzugsweise in Axialrichtung zwischen einer ersten (z. B. die elektrischen Anschlüsse aufweisenden, oberen) Stirnseite bzw. Kopfseite und einer zweiten (z. B. geschlossenen, unteren), insbesondere der ersten Stirnseite gegenüberliegenden, Stirnseite bzw. Endseite der Modulgehäusewandung als integrale Mantelfläche der Modulgehäusewandung ausgebildet sein.

Die Modulgehäusewandung mit dem Wellenbalg ist, wie auch weiter unten noch einmal genauer im Rahmen der Erläuterung eines erfindungsgemäßen Dosiersystems mit mindestens einem solchen Aktormodul beschrieben ist, zur Einhausung eines Piezoaktors ausgebildet, der in eine zylindrische Aussparung in einem Gehäuse eines Dosiersystems, vorzugsweise passgenau, eingebaut ist bzw. eingebaut werden kann.

Erfindungsgemäß ist zumindest ein Abschnitt der Wellenkontur des Wellenbalgs in Axialrichtung des Modulgehäuses bzw. in Bezug auf die Axialrichtung helixförmig bzw. wendelförmig ausgebildet. Damit ist gemeint, dass der Abschnitt zumindest eine wendelförmige Erhebung aufweist, die sich zusammen mit einer angrenzenden wendelförmigen Vertiefung, insbesondere in Form einer Rille, anteilig in Umfangsrichtung (des Modulgehäuses) sowie in Axialrichtung (des Modulgehäuses) entlang der (außenliegenden) Modulgehäusewandung des Modulgehäuses entlang windet.

Bevorzugt kann ein helixförmig ausgebildeter Abschnitt zumindest eine, vorzugsweise konkave, rillenartige Vertiefung aufweisen, die beidseitig von jeweils einer angrenzenden, vorzugsweise konvexen, Erhebung eingefasst ist, wobei die rillenartige Vertiefung eine Kurve ausbildet, die sich mit einer, bevorzugt konstanten, Steigung, um den äußeren Umfang des Modulgehäuses windet. Vorzugweise kann eine solche rillenartige Vertiefung eine Helix in der (nach außen weisenden) Modulgehäusewandung ausbilden. Entsprechend kann der

helixförmig ausgebildete Abschnitt zumindest eine Helix bzw. Helixstruktur aufweisen, insbesondere in Form einer rillenartigen Vertiefung in der (nach außen weisenden) Modulgehäusewandung. Bevorzugt ist wenigstens der Bereich der Modulgehäusewandung, der den helixförmig ausgebildeten Abschnitt umfasst, zylinderartig ausgebildet. Bevorzugt kann zu-

5 mindest ein helixförmig ausgebildeter Abschnitt in einer Zylindermantelfläche des Modulgehäuses ausgebildet sein. Eine rillenartige Vertiefung wird synonym als „Rille“ bezeichnet.

Ein helixförmig ausgebildeter Abschnitt kann zumindest eine Rille aufweisen, die sich über zumindest einen Teil eines äußeren Umfangs des Modulgehäuses erstreckt.

10

Bevorzugt kann ein helixförmig ausgebildeter Abschnitt zumindest eine kontinuierlich ausgebildete Rille aufweisen, die das Modulgehäuse wenigstens einmal vollständig, bevorzugt zwei oder mehrfach, außen umrundet. Die einzelnen Windungen der rillenartigen Vertiefung sind vorzugsweise durch jeweils eine, z. B. konvexe, Erhebung voneinander getrennt.

15

Bevorzugt kann ein helixförmig ausgebildeter Abschnitt so ausgebildet sein, dass ein Anfangsbereich einer Rille und ein Endbereich derselben Rille gegeneinander versetzt sind bezogen auf eine Längsrichtung des Aktormoduls und/oder des Modulgehäuses.

20 Das bedeutet, anders als bei einem aus der Praxis bekannten Faltenbalg, mit sich auf einer gleichbleibenden Höhe bzw. Stelle in Axialrichtung azimuthal windenden Erhebungen oder Vertiefungen (ohne Steigung bzw. Verlauf in Bezug auf die Axialrichtung), verlaufen die konvexen Erhebungen und dazwischenliegenden sich in Axialrichtung abwechselnden konkaven Vertiefungen der Wellenkontur nicht nur in einer Umfangsrichtung bzw. Azimutalrichtung

25 senkrecht zur Axialrichtung, sondern gleichzeitig in einer Umfangsrichtung und auch in einer Axialrichtung des Modulgehäuses, insbesondere der Modulgehäusewandung. Einen solchen Faltenbalg mit azimuthal verlaufenden Rillen, die sich in Axialrichtung mit azimuthalen Erhebungen abwechseln, d. h. dessen Zylinderoberfläche einen mäandierenden Oberflächenverlauf aufweist, gleichmäßig zu kühlen, stellt eine Herausforderung dar und

30 ist problembehaftet: Um eine gleichmäßige Kühlung über die gesamte axiale Länge, also alle Rillen und Erhebungen zu erreichen, muss jede einzelne Rille bzw. Mäandervertiefung mit einer gezielten Zu- und Abführung des Kühlmediums beaufschlagt werden. Um dabei sicherzustellen, dass wirklich alle Mäandervertiefungen bzw. Nuten gleichmäßig umströmt werden und nicht der Rest im schlimmsten Fall ohne Kühlung ist, werden zusätzlich sogenannte Drosselbohrungen eingebracht. Solche Drosselbohrungen haben jedoch den Nach-

35

teil, dass sie den Strömungswiderstand erhöhen, so dass teilweise mit mehr Druck gearbeitet werden muss als ohne die Drosselbohrungen. Zusätzlich ist es mechanisch aufwändig die bisher erforderliche „Einzelmäanderkühlung“ zu erreichen, da als Drosseln sehr kleine (Düsen-)Bohrungen benötigt werden und zur Versorgung entsprechend eine z. B. großvolumige Zu- und Abführung des Kühlmediums über eine sehr lange axiale Bohrung durch das Gehäuse entlang des Faltenbalgs eingebracht werden muss. Auch dies ist ein Kostenfaktor, da gerade sehr lange Bohrungen schwer in Serie zu fertigen sind und dies kombiniert mit vielen kleinen Querbohrungen als (Düsen-)Bohrungen auch ein gewisses Fertigungsrisiko (z. B. abbrechende Bohrer, etc.) darstellt.

10

Die sich abwechselnden Erhebungen und Vertiefungen der vorliegenden Modulgehäusewandung erstrecken sich vorzugsweise mit konstanter Steigung anteilig in Azimutal- sowie Axialrichtung, in Summe also helixförmig, um die Modulgehäusewandung, insbesondere um die Mantelfläche des Modulgehäuses. Der Strömungswiderstand ist damit erheblich geringer, da sich der Kühlmediumstrom konstant und gleichmäßig entlang der Helix ausbreitet bzw. entlangströmt, so dass mit weniger Druck eine hohe Strömungsgeschwindigkeit erreicht werden kann, welche für eine effektive Kühlung wichtig ist. Zudem sind keine Drosselbohrungen erforderlich. Im einfachsten Fall (mit einem Wellenbalg mit einer weiter unten noch erläuterten durchgehenden Helix i. W. von einem Endbereich in Axialrichtung zum anderen gegenüberliegenden Endbereich) reicht ein Einlass und ein Auslass, an denen das Kühlmedium am einen (z. B. an einen Endbereich der Helix) eingelassen und am anderen (z. B. am gegenüberliegenden Endbereich der Helix) nach Passieren der gesamten Helix wieder ausgelassen werden kann, womit die gesamte Helix gleichmäßig sehr effektiv gekühlt werden kann.

25

Vorteilhafterweise kann mit dem erfindungsgemäßen Aktormodul die Zuverlässigkeit eines Piezoaktors verbessert werden, da der Piezoaktor über das hermetisch verschlossene Modulgehäuse im Betrieb wirksam gegen schädigende Umwelteinflüsse geschützt ist, insbesondere gegen (Luft-)Feuchtigkeit. Weiterhin kann durch die Kombination mit der Vergussmasse im Modulgehäuseinnenraum zwischen dem Piezoaktor und der Modulgehäusewandung, nicht nur die Modulgehäusewandung elektrisch vom Piezoaktor isoliert werden sondern zugleich auch Wärme vom Piezoaktor effizient nach außen in bzw. an die Modulgehäusewandung geleitet und von dort mittels der zumindest in einem Abschnitt helixförmig ausgebildeten Wellenkontur des Wellenbalgs der Modulgehäusewandung durch Umströmung mit einem Kühlmedium – wie weiter unten noch erwähnt wird - besonders effizient abgeleitet werden. Damit kann der Piezoaktor zuverlässig vor einer Überhitzung geschützt

35

werden. Dies wiederum kann sich einerseits vorteilhaft auf die Nutzungsdauer des Piezoaktors selbst auswirken, so dass dieser bzw. das Aktormodul seltener ersetzt werden muss. Andererseits kann durch das Aktormodul bei Dosiersystemen eine besonders hohe Dosierpräzision erreicht werden, da eine thermisch bedingte Längenänderung des zumindest einen Piezoaktors weitestgehend verhindert wird. Damit lässt sich auch die Effizienz eines Dosiersystems verbessern, da der Piezoaktor auch im Dauerbetrieb vor einer Überhitzung geschützt ist, so dass Unterbrechungen des Dosierbetriebs auf Grund einer kritischen Piezoaktortemperatur vermieden werden können.

Weiter vorteilhaft eignet sich das erfindungsgemäße Aktormodul auch für Anwendungen, bei denen besonders hohe Taktfrequenzen eines Piezoaktors gefordert sind, da über die Vergussmasse im Modulgehäuseinnenraum zwischen dem Piezoaktor und der Modulgehäusewandung eine besonders effiziente Ableitung von Verlustwärme von einer Piezoaktoroberfläche zur Modulgehäusewandung erfolgt und über den helixförmig ausgebildeten Abschnitt der Wellenkontur der Modulgehäusewandung eine besonders effektive Abgabe der Wärme an die Umgebung möglich ist. Damit kann das Aktormodul vorteilhafterweise in Jetventilen mit einer sehr hohen Taktfrequenz von z. B. bis zu 2 kHz eingesetzt werden, was zumindest einer Verdoppelung der Taktfrequenz gegenüber herkömmlichen Jetventilen entspricht und was mit bekannten Aktormodulen nicht ohne weiteres möglich ist. Weiterhin könnte das Aktormodul gewinnbringend auch in Jetventilen eingesetzt werden, die mit Taktfrequenzen von 3 kHz oder 4 kHz arbeiten.

Ein erfindungsgemäßes Dosiersystem für einen Dosierstoff umfasst eine Düse zur Abgabe von Dosierstoff, einen Zuführkanal für Dosierstoff, ein Ausstoßelement und mindestens ein solches zuvor beschriebenes, mit dem Ausstoßelement gekoppeltes Aktormodul. Für die Dosierstoffabgabe kann das Aktormodul im Betrieb mit dem Ausstoßelement und/oder mit der Düse zusammenwirken.

Weiter umfasst das Dosiersystem ein Systemgehäuse, im Folgenden nur kurz „Gehäuse“ genannt, mit mindestens einer zylindrischen Aussparung in einem ansonsten z. B. aus Vollmaterial bestehenden Gehäuseabschnitt, in welche Aussparung bei einem Dosierbetrieb das Aktormodul, vorzugsweise passgenau, eingesetzt ist. Vorzugsweise kann das Aktormodul an der Kopfseite über eine Verspannungsfeder im Gehäuse und an der Frontseite gegen einen Übersetzungshebel verspannt sein, welcher Übersetzungshebel wiederum unter anderem gegen ein Ausstoßelement verspannt sein kann. „Passgenau“ ist so zu verstehen, dass die Innenabmessungen der Aussparung und/oder die Außenabmessungen des

Aktormoduls exakt so gewählt bzw. dimensioniert sind, dass zwischen den beiden Komponenten möglichst kein freier Raum vorhanden ist. D. h., vorzugsweise ist das Aktormodul passgenau bis auf einen geringen Abstand so in das Dosiersystem eingesetzt, dass im Betrieb eine Expansionsbewegung des Aktormoduls in der Aussparung noch erfolgen kann, ohne dass sich der Wellenbalg in der Aussparung des Gehäuses verklemmen kann. Insbesondere können das Aktormodul und/oder die zylindrische Aussparung so ausgestaltet und/oder so aufeinander abgestimmt sein, dass ein Kühlmedium, das einer (jeweiligen) Rille zugeführt wird, durch ein Zusammenwirken der die Rille begrenzenden Erhebungen und der Gehäusewandung der Aussparung weitgehend durch diese Rille geführt wird, d. h. zumindest ein Großteil des zugeführten Volumens durchläuft die Rille und lediglich ein geringer Teil, vorzugsweise weniger als 10%, des Kühlmediums überfließt bzw. überspringt die die Rille begrenzenden Erhebungen im Wesentlichen senkrecht zur Erstreckungsrichtung der Rille.

Um ein Überfließen bzw. Überspringen in Folge eines geringen Abstands zwischen den Erhebungen des Wellenbalgs und der Aussparung des Gehäuses des Dosiersystems gänzlich zu vermeiden, kann das Aktormodul vorzugsweise mit einem schlauchförmigen Überzieher für den Dosierbetrieb versehen sein, der besonders bevorzugt exakt passend auf bzw. um das Aktormodul gezogen wird bzw. mit dem das Aktormodul umgeben wird. Ein solcher Überzieher kann zumindest zwei Öffnungen, also z. B. eine Einlass- und eine Auslassöffnung, in seiner Materialoberfläche umfassen, d. h. mit zumindest zwei Löchern versehen sein. Ansonsten kann der Überzieher das Aktormodul bei einem Dosierbetrieb in einem Dosiersystem umseitig einhüllen. Durch die Öffnungen lässt sich Kühlmedium in die durch den Überzieher überzogene, d. h. nach radialaußen eingefasste, Rille des Aktormoduls einlassen und am Ende der Rille wieder auslassen.

Bei dem Überzieher handelt es sich beispielsweise um eine elastische, d. h. (aus)dehnbare, sowie bezogen auf die üblichen Betriebstemperaturen temperaturbeständige Gummihülle oder dergleichen, welche einer gewissen Expansionsbewegung des Aktormoduls elastisch nachgeben kann.

Vorzugsweise kann der Überzieher eine umseitig dichte, hermetische Abdichtung der Rillen des Wellenbalgs des Aktormoduls nach radialaußen gegenüber dem umliegenden Gehäuse bilden. Dies ermöglicht unter anderem, dass die Aussparung des Gehäuses nicht selbst für die nötige Abdichtung sorgen muss, indem sie zwangsläufig derart eng bzw. passig gestaltet wird, dass das Aktormodul gerade noch so hineinpasst. Vielmehr kann die

Aussparung im Gehäuse des Dosiersystems so auch mit etwas Spiel gegenüber dem Aktormodul realisiert sein.

5 Besonders bevorzugt können an die Einlass- und Auslassöffnung des Überziehers Versorgungsschläuche, d. h. ein Einführschlauch und ein Abführschlauch, angeschlossen sein. Beispielsweise können sie bei der Herstellung und/oder Anbringung des Überziehers direkt mit anvulkanisiert werden. Mit längeren Versorgungsschläuchen, welche beispielsweise aus der Aussparung des Gehäuses hinausgeführt sind, kann so beispielsweise auch auf Bohrungen für die Zu- und Abführung des Kühlmediums verzichtet werden, die sonst z. B.
10 in der Aussparung des Gehäuses münden.

Bei mehreren zylindrischen Aussparungen in einem Dosiersystem ist vorzugsweise pro Aussparung jeweils ein Aktormodul eingesetzt. Mehrere Aktormodule bieten sich beispielsweise an, wenn mit einer besonders hohen Taktfrequenz dosiert werden soll.

15

Dabei weist das Gehäuse des Dosiersystems zur Kühlung, insbesondere des Aktormoduls, zumindest eine Einlassöffnung in die Aussparung auf, zum Einleiten eines Kühlmediums in wenigstens eine Rille auf der Außenseite des Wellenbalgs. Weiterhin weist das Gehäuse des Dosiersystems zumindest eine Auslassöffnung aus der Aussparung zum Ausleiten des
20 Kühlmediums aus zumindest einer Rille auf. Nach dem Einleiten von Kühlmedium in eine Rille an einer ersten Stelle bezogen auf die Axialrichtung bzw. bezogen auf eine Position entlang der Wellenkontur erfolgt das Wiederausleiten bzw. Ausleiten an einer anderen, späteren Stelle bzw. an einer anderen Position entlang der Wellenkontur, bevorzugt aus derselben Rille. Bei entsprechender Ausgestaltung des Wellenbalgs könnte das Ausleiten aber
25 auch aus einer anderen Rille erfolgen, wie weiter unten noch erläutert wird. Bei der Einlass- bzw. Auslassöffnung handelt es sich um die tatsächliche Öffnung, d. h. Ein- bzw. Austrittsstelle, an welcher das Kühlmedium in bzw. aus der Rille auf der Außenseite des Wellenbalgs ein- bzw. ausgeleitet wird.

30 Als Kühlmedium eignen sich flüssige und/oder gasförmige Medien, wobei Kühlmedien mit einer hohen Wärmekapazität bevorzugt sind. Bei dem Kühlmedium kann es sich demnach beispielsweise um ein Gas wie Helium handeln. Bevorzugt kann es sich bei dem Kühlmedium um Luft handeln. Gas, insbesondere Luft, hat den Vorteil, dass die umströmten Komponenten nicht kontaminiert werden und aber auch bei einem möglichen Leck keine Reinigung etc. erfolgen muss.
35

Besonders bevorzugt kann als Kühlmedium komprimierte und (aktiv) abgekühlte Luft verwendet werden, da diese mit relativ geringem Aufwand bereitstellbar ist und sich durch eine Einlassöffnung in eine Rille des Wellenbalgs einblasen lässt. Beispielsweise kann als Kältequelle zumindest ein Wirbelrohr realisiert sein, um das Kühlmedium auf eine bestimmte (Soll-)Temperatur abzukühlen. Damit lässt sich das Kühlmedium für das Dosiersystem auch unter ungünstigen Umgebungsbedingungen, wie z. B. besonders hohen Umgebungstemperaturen, mit einer maximalen Dosierfrequenz betreiben, wobei gleichzeitig eine hohe Dosier-Präzision gewährleistet ist.

Alternativ oder zusätzlich kann es sich bei dem Kühlmedium aber auch um eine Flüssigkeit, wie z. B. Wasser, Alkohol oder Öl, handeln.

Im Betrieb ist der Wellenbalg, wie erwähnt, in die, bevorzugt passgenaue, zylindrische Aussparung eingesetzt. Bei der Aussparung kann es sich beispielsweise um eine Bohrung im Gehäuse des Dosiersystems handeln. Durch das Einleiten des Kühlmediums in einen Zwischenraum zwischen Wellenbalg und Aussparung, d.h. bei einer passgenauen Aussparung dann also (möglichst) vollständig in eine spiralförmig bzw. helixförmig entlang des Wellenbalgs sich windende Vertiefung bzw. Rille in der Außenkontur des Wellenbalgs, kann das Kühlmedium an der Außenseite des Wellenbalgs von einer Einlassstelle, z. B. an einem Ende des Wellenbalgs, zu einer anderen Auslassstelle, z. B. am anderen Ende des Wellenbalgs, befördert bzw. geleitet werden. Vorteilhafterweise kann das Kühlmedium durch die helixförmige bzw. spiralförmige Rille über eine definierte Strecke in Umfangsrichtung und in Längsrichtung des Aktormoduls geführt werden. Durch ein Zusammenspiel zumindest einer Rille im Modulgehäuse mit einer Einlassöffnung und einer zugeordneten Auslassöffnung kann ein gerichteter Kühlmediumstrom erzeugt werden, so dass ein bestimmter (Teil-)Abschnitt des Aktormoduls kontinuierlich, insbesondere gleichmäßig, von Kühlmedium umströmt wird. Vorteilhafterweise können auch Bereiche des Aktormoduls, die beabstandet von einer Einlassöffnung sind, mittels einer Strömungsführung durch eine Rille im Betrieb zuverlässig mit Kühlmedium versorgt werden. Vorteilhafterweise kann dadurch eine konstante und gleichmäßige Kühlung der Modulgehäusewandung mit dem helixförmigen Abschnitt erreicht werden. Im Gegensatz dazu kann bei bekannten gekapselten Piezoaktoren eine Beaufschlagung mit z. B. Druckluft dazu führen, dass verschiedene Bereiche des Piezoaktors unterschiedlich gekühlt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Dosiersystem kann das Kühlmedium beim Durchströmen der Rille(n) kontinuierlich Wärme aufnehmen bzw. sich erwärmen durch den Kontakt mit dem

Wellenbalg der Modulgehäusewandung. Die im Betrieb innerhalb der Modulgehäusewandung am Piezoaktor entstehende Wärme, die durch die wärmeleitende Vergussmasse vom Piezoaktor nach außen, vorzugsweise in lateraler bzw. radialer Richtung bezogen auf eine Längserstreckung des Piezoaktors, in bzw. an die Modulgehäusewandung geleitet wird, 5 kann über die Modulgehäusewandung nach außerhalb des Modulgehäuses an das vorbeiströmende Kühlmedium direkt wieder abgegeben werden. Vorzugsweise kann auch die Modulgehäusewandung eine hohe Wärmeleitfähigkeit haben. So kann also die Wärme effektiv außenseitig am Wellenbalg ohne Überhitzung bzw. Wärmestauung in einem fortlaufenden Fluss abgeführt bzw. abtransportiert werden. Das so erwärmte Kühlmedium wird 10 schließlich über die Auslassöffnung im Gehäuse wieder ausgeleitet bzw. abgeleitet. Soweit gewünscht, kann es, nachdem es wieder seine Ausgangstemperatur erreicht hat – sei es durch aktives oder passives Herunterkühlen – unter Bildung eines Kühlkreislaufs durch die Einlassöffnung wieder zur erneuten Kühlung zugeführt bzw. eingelassen werden. Insgesamt kann so das Dosiersystem auch im Dauerbetrieb effektiv unterhalb einer vorgesehenen Höchst- bzw. Maximalarbeitstemperatur gehalten werden, wobei eine Temperatur des 15 gekapselten Piezoaktors, z. B. eine Kerntemperatur, vorzugsweise höchstens 200 °C, bevorzugt höchstens 160 °C, besonders bevorzugt höchstens 140 °C, beträgt. An der Oberfläche des Piezoaktors kann die Temperatur bevorzugt maximal 140 °C betragen. Das Dosiersystem kann zusätzlich zu den soeben beschriebenen Komponenten weitere Komponenten 20 umfassen, wie später beschrieben wird.

Vorteilhafterweise kann das erfindungsgemäße Aktormodul in einem Dosiersystem, insbesondere in einem Jetventil, besonders gewinnbringend eingesetzt werden, wie zuvor beschrieben wurde. Insbesondere kann unter Nutzung des Aktormoduls mit der erfindungsgemäßen helixförmigen Wellenkontur in einem den Piezoaktor einkapselnden Gehäuse 25 und der darauf zugeschnittenen Kühlung im Dosiersystem eine Taktfrequenz der Dosierstoffabgabe im Vergleich zu bekannten Dosiersystemen mit herkömmlichen gekapselten Piezoaktoren, bei denen die Oberflächenstruktur der Kapselung im Übrigen auch nicht zum Zwecke der Kühlung helixförmig gestaltet ist, erheblich gesteigert werden.

30 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.

- 5 Vorzugsweise kann die Vergussmasse eine Grundmasse und einen Hilfsstoff umfassen. Insbesondere nach einem Erhärten bzw. Aushärten im Modulgehäuseinnenraum des Modulgehäuses kann dabei die Grundmasse ein ausgehärteter, vorzugsweise vulkanisierter und damit elastischer, Stoff sein. Für die Herstellung eines Aktormoduls wird vorzugsweise die Vergussmasse in den Modulgehäuseinnenraum zwischen den Piezoaktor und die Mo-
- 10 dulgehäusewandung vergossen, in welchem sie dann nach einer gewissen Zeit aushärtet. Beispielsweise können die Komponenten der Vergussmasse außerhalb des Modulgehäuses bereitgestellt werden, z. B. durch Mischen der Grundmasse und des Hilfsstoffs, und dann in Form einer fließfähigen Masse (Vergussmasse) in das Modulgehäuse eingebracht werden. Im Modulgehäuseinnenraum kann die Grundmasse aushärten zur Ausbildung der
- 15 betriebsbereiten (erhärteten) Vergussmasse.

- Der wenigstens eine Hilfsstoff kann zumindest partikulär, wärmeleitend und dielektrisch sein. Insbesondere ist der Hilfsstoff selbst ein Dielektrikum. Dass der Hilfsstoff partikulär ausgebildet ist, heißt, dass der Hilfsstoff zumindest in der Grundmasse der Vergussmasse,
- 20 vorzugsweise auch in der erhärteten Vergussmasse, als ein Feststoff vorliegt. Beispielsweise kann der Hilfsstoff eine Vielzahl von einzelnen Hilfsstoffpartikeln bzw. Hilfsstoffteilchen, Hilfsstoffplättchen oder dergleichen umfassen. Unter einem „Hilfsstoffplättchen“ wird ein flaches, im Wesentlichen überall gleich dickes, auf zwei gegenüberliegenden Seiten von je einer im Verhältnis zu einer Dicke vergleichsweise ausgedehnten überwiegend ebenen
- 25 Fläche (Grundfläche) begrenztes Element bzw. Partikel verstanden. Es sei darauf hingewiesen, dass ein jeweiliger Hilfsstoffpartikel auch nur näherungsweise als „Hilfsstoffplättchen“ ausgestaltet sein kann. Entsprechend werden auch solche Hilfsstoffpartikel als „Hilfsstoffplättchen“ bezeichnet, die innerhalb desselben Partikels geringfügig unterschiedliche Dicken haben. Die Grundflächen können unterschiedliche Geometrien haben, wie z. B. näherungsweise elliptische oder kreisförmige Formen, wobei eine Außenkontur einer Grund-
- 30 fläche auch unregelmäßig ausgebildet sein kann. Entsprechend ist ein „plättchenartiger“ Hilfsstoffpartikel, auch bezeichnet als Hilfsstoffplättchen, insbesondere darüber definiert, dass er zwei überwiegend plane Grundflächen hat, wobei eine Dicke des Hilfsstoffpartikels (entspricht dem Abstand zwischen den Grundflächen) in Relation zur Ausdehnung der
- 35 Grundflächen um ein Vielfaches geringer ist.

Die Vergussmasse kann grundsätzlich zwei oder mehr unterschiedliche Arten von Hilfsstoffen, z. B. verschiedene Hilfsstoffpartikel, umfassen.

Bevorzugt kann der Hilfsstoff dabei so in der Vergussmasse im Modulgehäuse angeordnet
5 sein, vorzugsweise auch in der Grundmasse im Gehäuse, dass über die Vergussmasse, insbesondere über den Hilfsstoff in der Vergussmasse, vom Piezoaktor, genauer gesagt der Piezoaktoroberfläche, zur Modulgehäusewandung im Betrieb des Aktormoduls eine Wärmeableitung erfolgt.

10 Vorzugsweise kann eine inhärente Wärmeleitfähigkeit des Hilfsstoffs, d. h. eine Wärmeleitfähigkeit des Hilfsstoffs selbst, zumindest etwa $2,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, vorzugsweise zumindest etwa $30 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, bevorzugt zumindest etwa $50 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, weiter bevorzugt zumindest etwa $100 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, weiter bevorzugt zumindest etwa $200 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, besonders bevorzugt zumindest etwa $300 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, insbesondere zumindest etwa $400 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, betragen. Die zuvor ge-
15 nannten Werte können sich vorzugsweise auf die Wärmeleitfähigkeit eines Hilfsstoffs beziehen, der in Form eines festen Materialblocks vorliegt, z. B. ein massiver Hilfsstoffblock. Unter der Wärmeleitfähigkeit bzw. dem Wärmeleitkoeffizienten wird, wie allgemein üblich, eine Stoffeigenschaft des Hilfsstoffs verstanden, die den Wärmestrom durch ein Material bzw. den Hilfsstoff auf Grund der Wärmeleitung bestimmt.

20 Vorzugsweise kann ein pulverartiger Hilfsstoff, insbesondere (noch) außerhalb der Vergussmasse, eine (inhärente) Wärmeleitfähigkeit von zumindest etwa $1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, vorzugsweise zumindest etwa $2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, bevorzugt zumindest etwa $3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, weiter bevorzugt zumindest etwa $4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, weiter bevorzugt zumindest etwa $5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, haben. Bevorzugt
25 kann der pulverartige Hilfsstoff Bornitrid sein und/oder Bornitrid umfassen.

Die Wärmeleitfähigkeit der Grundmasse (ohne Hilfsstoff), z. B. ein Silikongel, beträgt vorzugsweise zumindest $0,08 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, bevorzugt zumindest $0,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, insbesondere zumindest $0,2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

30 Die Wärmeableitung kann mit dem in der Grundmasse angeordneten wärmeleitenden, dielektrischen Hilfsstoff im Betrieb des Aktormoduls insbesondere von einer Oberfläche des Piezoaktors im Wesentlichen gleichmäßig entlang einer gesamten Längserstreckung des Piezoaktors erfolgen, insbesondere in einer lateralen Richtung. Bevorzugt kann die vom
35 Piezoaktor abgeleitete Wärme über die Vergussmasse größtenteils auf einen Modulgehäusese mantel einer Modulgehäusewandung übertragen werden, wie später noch beschrieben

wird. Der Hilfsstoff, insbesondere die Hilfsstoffpartikel oder Hilfsstoffplättchen, können vorzugsweise zum überwiegenden Teil so angeordnet sein, dass eine Längserstreckung eines jeweiligen Hilfsstoffpartikels bzw. Hilfsstoffplättchens quer, bevorzugt im Wesentlichen orthogonal, zu einer Längserstreckung des Piezoaktors im Modulgehäuse verläuft. Besonders bevorzugt können die Hilfsstoffpartikel bzw. Hilfsstoffplättchen so in der Vergussmasse angeordnet sein, dass ihre Längserstreckung einer kürzesten Distanz zwischen einer Piezoaktoroberfläche und der Modulgehäusewandung entspricht.

Unter der Längserstreckung (Längsausdehnung) des Piezoaktors wird die größte bzw. längste Erstreckung (Ausdehnung) des Piezoaktors in eine Richtung verstanden. Bevorzugt ist die Längserstreckung des Piezoaktors parallel zur Axialrichtung des Modulgehäuses. Unter der Längserstreckung (Längsausdehnung) eines Hilfsstoffplättchens wird die größte bzw. längste Erstreckung (Ausdehnung) des Hilfsstoffplättchens in eine Richtung verstanden, insbesondere entlang zumindest einer Grundfläche des Hilfsstoffplättchens.

Vorteilhafterweise kann über die besondere Anordnung der Hilfsstoffplättchen in der Grundmasse bzw. in der Vergussmasse in Bezug auf den Piezoaktor eine besonders effiziente Wärmeableitung im Betrieb erfolgen. Bei Piezoaktoren erfolgt auf Grund des schichtweisen Aufbaus im Betrieb üblicherweise eine Wärmeemission größtenteils in lateraler bzw. radialer Richtung nach außen. Das bedeutet, dass Verlustwärme in Bezug auf die Längserstreckung des Piezoaktors überwiegend zur Seite hin von einer Piezoaktoroberfläche weg abgegeben wird, wobei kaum Wärme in axialer Richtung, z. B. in Richtung einer Aktorfront bzw. einem Aktorende, abgegeben wird. Bei gekapselten Piezoaktoren ist es deshalb besonders effektiv, wenn zumindest ein Großteil der Verlustwärme über die Hilfsstoffplättchen in der Grundmasse lateral bzw. radial vom Piezoaktor weggeführt werden kann, insbesondere da ein lateraler Bereich eines Piezoaktors einen relativ großen Teil einer gesamten Oberfläche des Piezoaktors ausmacht.

In Kombination mit den oben bereits erwähnten Merkmalen, unter anderem betreffend den zumindest einen helixförmigen Abschnitt der Wellenkontur der Modulgehäusewandung, kann die Wärme, die im Betrieb vom Piezoaktor in die Modulgehäusewandung geleitet wird, vom Aktormodul effektiv aus dem Dosiersystem abgeführt werden und damit insgesamt eine Wärmeableitung zusätzlich noch weiter verbessert werden.

Die Grundmasse der Vergussmasse kann, vorzugsweise zur Bereitstellung eines ausgehärteten bzw. aushärtbaren Stoffs, vorzugsweise ein Silikon, insbesondere ein Silikongel,

umfassen. Das Silikongel kann vorzugsweise zumindest ein Basissilikon und ein Vernetzungsmittel umfassen. Das Basissilikon kann z. B. ein Silikon vom Typ SG 75L2-30 sein, wobei als Vernetzer bzw. „cross-linker“ ein Typ SG 79L5-30 verwendet werden kann (Hersteller jeweils: Elantas, Deutschland). Alternativ könnte anstatt von Silikon auch zumindest
5 ein Polyurethan oder ein anderes geeignetes Silikon verwendet werden, wobei die Grundkomponenten der Grundmasse bevorzugt zumindest die oben genannten Isolations- und Wärmeleitfähigkeitswerte haben sollte.

Bei dem Hilfsstoff kann es sich vorzugsweise um Bornitrid (BN) handeln. Besonders bevorzugt kann der Hilfsstoff hexagonales Bornitrid (α -Bornitrid) sein. Hexagonales Bornitrid (α -BN, hexagonal) besteht aus Schichten einer planaren, hexagonalen Wabenstruktur, bei der die B- und N-Atome jeweils abwechselnd vorkommen und ist im Übrigen allgemein bekannt. Besonders bevorzugt kann das Bornitrid als Hilfsstoff vor der Verarbeitung in Pulverform mit einer ausgeprägten Kristallstruktur vorliegen. Insbesondere kann das Bornitrid vor der
15 Verarbeitung und/oder in der erhärteten Grundmasse in Form von plättchenförmigen Einzelkristallen vorliegen. Besonders bevorzugt kann jeweils ein (BN) Einzelkristall jeweils einen Hilfsstoffpartikel bzw. jeweils ein Hilfsstoffplättchen ausbilden. Insbesondere eine Kombination von Bornitrid mit der aushärtbaren Grundmasse sorgt für eine besonders effektive Wärmeableitung, z. B., wenn diese zusammen im Modulgehäuseinnenraum vergossen werden und das Bornitrid vor dem Aushärten des Silikons geeignet mit seiner Längserstreckung in Richtung zum nächstgelegenen Modulgehäusewandabschnitt ausgerichtet bzw. orientiert wird.
20

Bevorzugt kann der helixförmige Abschnitt in Axialrichtung jeweils in einem Abstand, d. h. beabstandet, von einer jeweiligen Stirnseite des Modulgehäuses beginnen und sich von dort jeweils zumindest abschnittsweise in Axialrichtung zur anderen Stirnseite erstrecken, insbesondere in Richtung einer gegenüberliegenden Stirnseite erstrecken. Besonders bevorzugt kann sich der jeweilige helixförmige Abschnitt bis mindestens zur Mitte des Wellenbalgs erstrecken (bezogen auf die Axialrichtung des Modulgehäuses). Vorzugsweise kann
30 eine erste Stirnseite des Modulgehäuses eine Grundfläche des zylinderartigen Modulgehäuses umfassen, insbesondere dadurch gebildet sein. Vorzugsweise kann eine zweite Stirnseite des Modulgehäuses eine gegenüberliegende Deckfläche des zylinderartigen Modulgehäuses umfassen, insbesondere dadurch gebildet sein.

Vorzugsweise kann die Modulgehäusewandung des Modulgehäuses in einem jeweiligen Endbereich nahe der jeweiligen Stirnseite jeweils endseitig angrenzend an den helixförmigen Abschnitt ebene bzw. glatte, d. h. frei auslaufende, Abschnitte aufweisen. D. h. der Wellenbalg läuft an den beiden Enden, also in einem Bereich nahe einer axialen Stirnseite des Modulgehäuses, abschnittsweise frei aus bzw. ist frei auslaufend, d. h. glatt ausgebildet. So lässt sich sowohl die Einlassöffnung als auch die Auslassöffnung an einer beliebigen azimutalen Position bzw. Kontaktfläche zum Wellenbalg vor einem Endabschnitt bzw. Endbereich desselben in der Aussparung des Dosiersystems anordnen. Folglich kann auch die exakte Ausrichtung des Wellenbalgs, also wie er um seine Rotationsachse gedreht in der Aussparung im Dosiersystem positioniert ist, im Normalfall weniger wichtig sein, d. h. er kann diesbezüglich um seine Längsachse rotiert in der Aussparung des Gehäuses des Dosiersystems angeordnet sein, sofern seine elektrischen Anschlüsse keine spezielle Ausrichtung vorgeben.

Für die Form und Ausgestaltung der Wellenkontur bzw. Helix gibt es verschiedene Möglichkeiten. Grundsätzlich kann der Wellenbalg beispielsweise eine durchgängige Helix (mit anderen Worten eine zylindrische Spirale bzw. ein Gewinde) aufweisen, also z. B. durchgehend im Wesentlichen über seine gesamte Längserstreckung ein rechtsdrehendes oder linksdrehendes Gewinde bzw. eine rechtsgängige oder linksgängige Helix aufweisen. Vorzugsweise kann der helixförmige Abschnitt zumindest eine Gewindespirale aufweisen. Die Gewindespirale ist vorzugsweise durch die Gehäusewandung ausgebildet.

Vorzugsweise kann der Wellenbalg in Axialrichtung zumindest zwei gegenläufige helixförmige Abschnitte aufweisen. Beispielsweise kann der Wellenbalg zwei helixförmige Abschnitte mit jeweils einer Rille aufweisen, wobei die Rillen gegenläufig ausgebildet sind. Gegenläufig meint hierbei, dass die Abschnitte, z. B. die Rillen, eine unterschiedliche Windungsrichtung, manchmal auch als Gängigkeit oder Wendelrichtung bezeichnet, aufweisen. Bei zwei gegenläufigen helixförmigen Abschnitten hat also ein Abschnitt ein rechtsdrehendes Gewinde und der andere entsprechend ein linksdrehendes Gewinde. Vorzugsweise kann der Wellenbalg zwei Gewindespiralen mit unterschiedlicher Wendelrichtung aufweisen.

Im eingebauten Zustand des Aktormoduls im Dosiersystem ermöglicht dies, dass das Kühlmedium über die Wendeln des Wellenbalgs zu gleichen Teilen an die Enden des Wellenbalgs befördert wird, insbesondere sofern eine Einlassöffnung für Kühlmedium einem mittleren Bereich des Wellenbalgs zugeordnet ist, wobei so jeweils praktischerweise die Hälfte

der entstandenen Wärme ausgeleitet werden kann. Besonders vorteilhaft ist deshalb, dass dort, wo ein Piezoaktor typischerweise die höchste Erwärmung aufweist, nämlich auf halber Länge, d. h. in der Mitte, das Aktormodul mit frisch gekühltem Kühlmedium, z. B. mit einer (Soll-)Ausgangstemperatur, beaufschlagt wird, und daher das Aktormodul dort besonders stark gekühlt wird, wobei die Kühlleistung zu den beiden Enden (an denen auch der Piezoaktor typischerweise weniger stark erhitzt wird) ggf. etwas abnimmt. Ein solcher Wellenbalg wäre also ideal auf das Wärmeabgabe- bzw. Verlustwärmeprofil des Piezoaktors abgestimmt.

- 10 Unabhängig davon haben die beiden helixförmigen Abschnitte mit gegenläufiger Windungsrichtung aber noch einen weiteren Vorteil. Sie verhindern nämlich, dass sich der Wellenbalg aufgrund einer durchgehend in einer Windungsrichtung ausgebildeten Wellenkontur bei einer hohen Betriebsbelastung aufgrund von Torsionskräften mit der Zeit im Betrieb möglicherweise ungewollt verdrehen, verformen bzw. verwinden könnte, womit dann kein präziser Dosierbetrieb mehr möglich wäre. Bei zwei gegenläufigen Abschnitten wird im Vergleich zu einem durchgehenden bzw. einheitlichen Abschnitt in jedem der beiden Abschnitte ein halbes Torsionsmoment erzeugt. Die beiden erzeugten Torsionsmomente addieren sich jedoch nicht zu dem oben erwähnten ganzen Torsionsmoment, sondern sie heben einander aufgrund der gegenläufigen Windungsrichtung und damit verbundenen gegenläufigen Wirk- bzw. Drehrichtung zumindest weitestgehend oder vollständig auf.

Vorzugsweise können zumindest zwei der helixförmigen Abschnitte, besonders bevorzugt mit zueinander gegenläufiger Windungsrichtung, voneinander separiert sein. In diesem Fall kann das Kühlmedium aus einer anderen Rille wieder ausgeleitet werden, als aus derjenigen Rille, in die es anfangs eingeleitet wurde. Das Einleiten könnte also in eine erste Rille erfolgen, die von der zweiten Rille, aus der das Kühlmedium dann wieder ausgeleitet wird, durch einen rillenfreien Mantelabschnitt getrennten bzw. unterbrochen ist.

Vorzugsweise können die zumindest zwei, vorzugsweise separaten, helixförmigen Abschnitte voneinander durch einen ebenen bzw. glatten Abschnitt getrennt sein. Der ebene Abschnitt ist bevorzugt durch die Modulgehäusewandung gebildet. Grundsätzlich können die beiden helixförmigen Abschnitte dieselbe Windungsrichtung haben. Es ist jedoch bevorzugt, dass die beiden helixförmigen Abschnitte eine gegenläufige Windungsrichtung haben. Entsprechend können die beiden helixförmigen Abschnitte vorzugsweise jeweils eine Gewindespirale mit einer unterschiedlichen Wendelrichtung aufweisen.

Vorzugsweise können sich die helixförmigen Abschnitte ausgehend von dem ebenen Abschnitt jeweils in Axialrichtung zu den Enden bzw. Stirnseiten des Modulgehäuses erstrecken. Dies kann vorteilhaft sein, wenn mehrere Einlassöffnungen und/oder Auslassöffnungen im Gehäuse des Dosiersystems vorgesehen sind.

5

Besonders bevorzugt kann der ebene Abschnitt in der Mitte des Wellenbalgs angeordnet sein und zwei helixförmige Abschnitte können sich von dort jeweils nach außen zu den beiden gegenüberliegenden Enden des Wellenbalgs erstrecken, insbesondere jeweils in Richtung einer Stirnseite des Modulgehäuses. Dabei könnte dann beispielsweise an den

10 beiden Enden, z. B. jeweils in der Nähe der Stirnseiten, Kühlmedium durch Einlassöffnungen eingeleitet und in der Mitte durch eine Auslassöffnung ausgeleitet werden oder wie bevorzugt umgekehrt, d. h., dass das Kühlmedium in Höhe der Mitte des Wellenbalgs in die Aussparung im Dosiersystem eingelassen und auf Höhe der beiden Enden des Wellenbalgs wieder ausgelassen bzw. ausgeleitet wird.

15

Zur sicheren Abdichtung zwischen der äußeren Oberfläche des Wellenbalgs und der inneren Oberfläche der Aussparung des Gehäuses des Dosiersystems (z. B. falls die Komponenten nicht passgenau aufeinander abgestimmt sind oder unterstützend) kann zumindest im Bereich eines Endes des Wellenbalgs ein ringförmiges Dichtelement, wie z. B. ein O-

20 Ring, angeordnet sein. Bei je einem solchen Dichtelement am jeweiligen Ende des Wellenbalgs bleibt das Kühlmedium in jedem Fall in einem Bereich zwischen bzw. innerhalb der Dichtelemente, wenn es innerhalb dessen eingelassen wird, so dass keine Gefahr besteht, dass das Kühlmedium in andere Bereiche des Dosiersystems gelangt, also z. B. an den Wänden entlang der Aussparung bzw. am Wellenbalg ungewollt oben aus dem Gehäuse

25 austritt oder unten – falls nicht erwünscht – ungewollt in den Bereich eines Hebels und/oder Ausstoßelements eindringt.

Ein jeweiliger Dichtelement-Kontaktabschnitt der inneren Oberfläche der Aussparung, an dem das jeweilige Dichtelement radial innenseitig den Wellenbalg und radial außenseitig

30 die Aussparung berührend abdichtet, kann vorzugsweise unmittelbar an die Einlass- und/oder Auslassöffnungen angrenzen. Dies hat den Vorteil, dass am Dichtelement selbst kein Totpunkt entsteht, an dem sich sonst, wenn das Kühlmedium etwas entfernt davon ein- oder ausgelassen wird, möglicherweise Kühlmedium anstauen bzw. ansammeln könnte.

35 Für die Ausgestaltung der Wellenkontur, insbesondere der Erhebungen und Vertiefungen, z. B. der rillenartigen Vertiefung, gibt es verschiedene Möglichkeiten.

Bevorzugt kann zumindest einer der helixförmigen Abschnitte des Wellenbalgs eine Steigung von vorzugsweise mindestens 1 mm, besonders bevorzugt mindestens 5 mm, ganz besonders bevorzugt mindestens 10 mm aufweisen.

5

Alternativ oder zusätzlich kann zumindest einer der helixförmigen Abschnitte des Wellenbalgs eine Steigung von vorzugsweise höchstens 35 mm, bevorzugt höchstens 20 mm, besonders bevorzugt höchstens 15 mm, aufweisen. Bevorzugt kann zumindest eine Rille eines helixförmigen Abschnitts eine vorgenannte Steigung haben. Der Begriff „Steigung“
10 meint hier dieselbe Steigung wie sie entsprechend bei einem Schraubengewinde verwendet und angegeben wird.

Auch für die Ausgestaltung des Dosiersystems, insbesondere der Aussparung, gibt es verschiedene Möglichkeiten.

15

Vorzugsweise kann die Aussparung des Dosiersystems zumindest eine radiale Einlassöffnung aufweisen.

Alternativ oder zusätzlich kann die Aussparung des Dosiersystems zumindest eine radiale Auslassöffnung aufweisen. Die jeweilige Einlass- bzw. Auslassöffnung kann insbesondere radial in Bezug auf die zylindrische Aussparung im Gehäuse angeordnet sein. Bevorzugt kann die jeweilige radiale Einlass- bzw. Auslassöffnung im Wesentlichen orthogonal bezüglich einer Längserstreckung bzw. Längsrichtung eines montierten Gehäusemoduls ausgebildet sein, insbesondere quer zur Axialrichtung des Gehäusemoduls.

25

Die radiale Einlassöffnung und/oder die radiale Auslassöffnung kann sich bei einem im Dosiersystem eingebauten Aktormodul mit Modulgehäuse besonders bevorzugt im Wesentlichen auf einer Höhe eines oberen Endabschnitts des Modulgehäuses befinden. Der obere Endabschnitt kann vorzugsweise von einer Ausstoßrichtung des Dosierstoffs aus dem Dosiersystem abgewandt sein.
30

Alternativ oder zusätzlich kann sich die radiale Einlassöffnung und/oder die radiale Auslassöffnung auf einer Höhe eines unteren Endabschnitts des Modulgehäuses befinden. Der untere Endabschnitt kann vorzugsweise einer Ausstoßrichtung des Dosierstoffs aus dem Dosiersystem zugewandt sein.
35

Vorzugsweise kann zumindest eine der Wandungen, welche die Aussparung des Gehäuses axial begrenzt, also zumindest teilweise axial begrenzt, eine Einlassöffnung oder eine Auslassöffnung aufweisen. Eine axiale Begrenzung des Gehäuses bezieht sich vorzugsweise auf die Axialrichtung des eingebauten Modulgehäuses, d. h. eine Begrenzung zu den

5 Stirnseiten des Modulgehäuses hin.

Alternativ kann eine der Wandungen, die die Aussparung des Gehäuses axial begrenzt, vorzugsweise eine Einlassöffnung und die andere, gegenüberliegende Wandung eine Auslassöffnung aufweisen. Damit kann das Kühlmedium in einem Bereich nahe einer axialen

10 Stirnseite bzw. Stirnfläche des Modulgehäuses aus einer axialen Richtung, z. B. annähernd parallel zu einer Längserstreckung des Modulgehäuses, in eine Rille des Wellenbalgs eingeleitet und in einem Bereich nahe der gegenüberliegenden anderen, axialen Stirnseite bzw. Stirnfläche des Modulgehäuses aus einer Rille des Wellenbalgs ausgeleitet werden. Diese Ausgestaltungsform hat den besonderen Vorteil, dass die gesamte Kühlung mit Zu-

15 und Abführung des Kühlmediums auf dem Bauraum der Querschnittsfläche des Aktormoduls untergebracht werden kann, d. h. in axialer Verlängerung des Piezoaktors, und so ein entsprechendes Dosiersystem bzw. Dosierventil sehr platzsparend ausführbar ist, was gerade bei parallelen Anwendungen, also beispielsweise mit Dosieranlagen mit mehreren parallel angeordneten Dosiersystemen, ein großer Vorteil ist, da die Dosiersysteme eng nebeneinander angeordnet werden können und die Düsen damit sehr nah aneinander liegen.

20

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es auch möglich ist, dass die Aussparung radial (zumindest über bestimmte Abschnitte) um den Bereich des Endabschnitts des Wellenbalgs herum verbreitert ausgebildet ist, so dass das Kühlmedium aus einer axialen Richtung am Endabschnitt des Wellenbalgs vorbei durch den(die) verbreiterten Abschnitt(e) der

25 Aussparung in die Rille auf der Außenseite des Wellenbalgs eingeleitet werden kann, wie weiter unten noch anhand eines Ausführungsbeispiels genauer erläutert wird.

Vorzugsweise kann die Aussparung im Dosiersystem bei einem bestimmungsgemäß eingebauten Aktormodul mittig, also in Axialrichtung des Modulgehäuses gesehen an einer Mittelebene, zwischen den Stirnseiten des Modulgehäuses des Aktormoduls in einer radialen Wandung eine Einlassöffnung zum Einleiten des Kühlmediums, z. B. aus einer radialen Richtung, in die Aussparung aufweisen. Vorzugsweise kann das Kühlmedium so eingeleitet werden, dass die Oberfläche des Wellenbalgs mit Kühlmedium beaufschlagt wird. Die radiale Wandung der Aussparung ist vorzugsweise dem Wellenbalg zugewandt und/oder erstreckt sich parallel zur Längsrichtung des Modulgehäuses.

30

35

Vorzugsweise kann bei einem Dosiersystem mit einer Übersetzungsmechanik, die in einer weiteren Aussparung zwischen dem Piezoaktor und dem Ausstoßelement angeordnet ist, eine Auslassöffnung im Bereich der Übersetzungsmechanik angeordnet sein. Die Auslass-
5 öffnung im Bereich der Übersetzungsmechanik ermöglicht eine Durch- bzw. Umströmung der Komponenten der Übersetzungsmechanik, wie beispielsweise den Übersetzungshebel, so dass dort im Betrieb ggf. entstehender Abrieb direkt abtransportiert werden kann und die Komponenten zugleich zumindest leicht gekühlt werden können.

10 Alternativ oder zusätzlich kann eine Auslassöffnung im Bereich des Ausstoßelements angeordnet sein. Dies ermöglicht zusätzlich eine Kühlung und Reinigung zumindest von Teilen des Ausstoßelements.

Wieder alternativ oder zusätzlich kann zumindest eine Einlassöffnung an einem axialen
15 Endbereich des Wellenbalgs, vorzugsweise im Bereich einer z. B. oberen Stirnseite des Modulgehäuses, zum Einleiten des Kühlmediums ausgebildet sein, was wieder unter anderem eine sehr platzsparende Ausgestaltung des Dosiersystems ermöglicht. Auf diese Weise kann zudem das gesamte Aktormodul von einem Ende des Wellenbalgs ausgehend, insbesondere vom einem Ende des Modulgehäuses her, bis zur Übersetzungsmechanik im
20 Bereich des Ausstoßelements gekühlt werden und insbesondere kann wie bereits erwähnt im Betrieb entstehender Materialabrieb aus der Übersetzungsmechanik herausgeblasen bzw. –gespült werden. Hierbei kann es sich dann anbieten, das Kühlmedium entsprechend nachzubehandeln, zu reinigen oder zu filtern, wenn es anschließend nach dem Abkühlen erneut verwendet werden soll, was im Sinne der Nachhaltigkeit als wünschenswert gese-
25 hen wird.

Besonders bevorzugt kann die Einlassöffnung an einem axialen Endbereich des Wellenbalgs zum Einleiten des Kühlmediums aus einer axialen Richtung ausgebildet sein. Dadurch kann eine besonders kompakte Anordnung aus Gehäuse, Kühlmedienversorgung
30 und Aktormodul erreicht werden, da keine seitlichen Versorgungsbohrungen und/oder Anschlüsse erforderlich sind und dadurch der seitliche Bauraumbedarf des Dosiersystems verringert wird. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn eine hohe Packungsdichte mehrerer, eng angeordneter Dosiersysteme erforderlich oder gewünscht ist. Vorzugsweise kann eine Einstromrichtung des Kühlmediums parallel zu einer Längsrichtung des Modulgehäuses sein. Beispielsweise kann eine axial verlaufende Bohrung in Form einer Aussparung
35 am Rande einer oberen Stirnseite des Modulgehäuses oder in Form einer Ausnehmung

durch eine Deckplatte des Modulgehäuses entlang einer Außenseite der Modulgehäusewandung zum Wellenbalg am Aktormodul ausgebildet sein.

- Vorzugsweise kann, besonders bevorzugt bei einem Dosiersystem mit einer Einlassöffnung
- 5 an einem Endbereich des Wellenbalgs endseitig des Piezoaktors, das Gehäuse frontseitig des Piezoaktors eine weitere, besonders bevorzugt sich quer dazu erstreckende, Aussparung aufweisen. Die weitere Aussparung kann sich beispielsweise in einer Ausstoßrichtung (des Dosierstoffs) an den Piezoaktor und/oder an die Aussparung für das Aktormodul anschließen. In der weiteren Aussparung kann dabei ein Übersetzungshebel angeordnet sein,
- 10 der die Längsausdehnung des Piezoaktors, insbesondere eine Änderung der Längsausdehnung, über einen Hebelarm des Übersetzungshebels auf das Ausstoßelement einer federnd gelagerten Stößelvorrichtung überträgt. Der Übersetzungshebel kann beispielsweise asymmetrisch sein.
- 15 Die Stößelvorrichtung ragt typischerweise mit dem Ausstoßelement in eine Düse einer Fluidikeinheit des Dosiersystems hinein, welche Düse durch die Fluidikeinheit mit einem Dosiermedium versorgt wird.

Dabei kann die Auslassöffnung für das Kühlmedium vorzugsweise im Bereich der weiteren

20 Aussparung nahe der federnd gelagerten Stößelvorrichtung angeordnet sein. Somit kann das endseitig des Piezoaktors an einer Einlassöffnung des Gehäuses am Endbereich des Wellenbalgs, z. B. im Bereich einer von der Ausstoßrichtung wegweisenden Stirnseite, eingeleitete Kühlmedium das gesamte Dosiersystem, insbesondere das Aktormodul, inklusive der weiteren Aussparung durchströmen und kühlen.

25 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 hier lediglich schematisch zu verstehen und zudem nicht maßstäblich. Es zeigen:

- 30
- Figur 1 eine grob schematische Querschnittsdarstellung durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Dosiersystems mit einem eingebauten Aktormodul gemäß der Erfindung,
- 35
- Figur 2 eine grob schematische Schnittdarstellung entlang einer Schnittlinie A-A durch das Dosiersystem aus Figur 1,

- Figur 3 eine isolierte, seitliche Ansicht des Aktormoduls aus Figur 1 und Figur 2,
- Figur 4 eine grob schematische Schnittdarstellung von Teilen des Dosiersystems
5 aus Figur 2 mit einer leicht abgewandelten Variante des eingebauten Aktormoduls, gemäß einer analogen Schnittlinie A'-A' durch das Dosiersystem,
- Figur 5 eine isolierte, seitliche Ansicht eines gegenüber dem Aktormodul aus Figur
10 3 leicht abgewandelten Aktormoduls aus Figur 4,
- Figur 6 eine grob schematische Schnittdarstellung von Teilen eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Dosiersystems mit einem Aktormodul gemäß der Erfindung gemäß einer analogen Schnittlinie A''-A'' durch das Dosiersystem,
15
- Figur 7 eine isolierte, seitliche Ansicht des Aktormoduls aus Figur 6,
- Figur 8 eine grob schematische Schnittdarstellung einer Variante des Dosiersystems aus Figur 6, welches an eine leicht abgewandelte Variante des eingebauten Aktormoduls angepasst ist, entlang einer analogen Schnittlinie A'''-A''' durch das Dosiersystem,
20
- Figur 9 eine isolierte, seitliche Ansicht eines gegenüber dem Aktormodul aus Figur 6 leicht abgewandelten Aktormoduls aus Figur 8,
- 25
- Figur 10 eine grob schematische Schnittdarstellung von Teilen eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Dosiersystems mit dem Aktormodul aus Figur 4, gemäß einer analogen Schnittlinie A''''-A'''' durch das Dosiersystem,
- 30
- Figur 11 eine isolierte, seitliche Ansicht eines gegenüber dem Aktormodul aus Figur 10 leicht abgewandelten Aktormoduls,
- Figur 12 eine grob schematische Schnittdarstellung eines weiteren Aktormoduls, eingehüllt in einen dehnbaren, dichten Überzieher, welcher einen Zuführschlauch sowie einen Abfuhrschlauch für Kühlmedium umfasst,
35

Figur 13 eine grob schematische Schnittdarstellung des Aktormoduls aus Figur 12, diesmal mit einem Überzieher ohne Zu- sowie Abführschlauch.

Wie erwähnt, kann das oben beschriebene Aktormodul zum Beispiel in einem Dosiersystem zur Dosierung von flüssigen bis zähflüssigen Dosierstoffen eingesetzt werden, z. B. in einem Jetventil, das rein schematisch und im Schnitt in Figur 2 gezeigt ist. Da der grundsätzliche Aufbau von derartigen Jetventilen bekannt ist, werden nachfolgend nur die hauptsächlichen Elemente beschrieben.

Das Dosiersystem 50, welches in Figur 1 in einem Querschnitt und in Figur 2 in einem Längsschnitt gezeigt ist, umfasst als wesentliche Komponenten eine Aktor-Baugruppe 51 sowie eine lösbar damit gekoppelte Fluidik-Baugruppe 52, wobei die Kopplung hier beispielhaft über zwei Schrauben 62 erfolgt. Die Aktor-Baugruppe 51 umfasst im Wesentlichen alle Komponenten, die für den Antrieb bzw. die Bewegung eines Ausstoßelements 53a bzw. eines Stößels 53a einer Stößelvorrichtung 53 der Fluidik-Baugruppe 52 in einer Düse 54 sorgen.

Die Fluidik-Baugruppe 52 umfasst neben der Düse 54 und einem Zuführkanal 56 für Dosierstoff D zur Düse 54 alle weiteren Teile, die direkt mit dem Dosierstoff D in Kontakt stehen, sowie außerdem die Elemente, die erforderlich sind, um die betreffenden, mit dem Dosierstoff D bzw. Dosiermedium D in Kontakt stehenden Teile zusammen zu montieren bzw. in ihrer Position an der Fluidik-Baugruppe 52 zu halten.

In dem hier in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel des Dosiersystems 50 (sowie auch in den weiteren, gezeigten Ausführungsbeispielen) umfasst die Aktor-Baugruppe 51 ein Gehäuse 57, genauer gesagt einen Gehäuseblock 57, mit zwei innenliegenden Kammern 58, 59, nämlich zum einen eine Aktorkammer 58 mit einem darin befindlichen Aktormodul 1 mit zumindest einem in ein Modulgehäuse 3 hermetisch eingekapselten piezokeramischen Aktor 2 (Figur 2), und zum anderen eine Aktionskammer 59, in welche ein bewegliches Ausstoßelement 53a, hier ein Stößel 53a, der Fluidik-Baugruppe 52 hineinragt. Über eine Übersetzungsmechanik 60 umfassend einen Hebel 63, der sich von einem Bereich in der Aktionskammer 59 unterhalb der Aktorkammer 58 im Wesentlichen waagrecht in einen Bereich der Aktionskammer 59 oberhalb der Stößelvorrichtung 53 erstreckt, wird mittels des Aktormoduls 1 der Stößel 53a so betätigt, dass von der Fluidik-Baugruppe 52 der zu dosierende Dosierstoff D in der gewünschten Menge zum gewünschten Zeitpunkt über die Düse 54 in einer Ausstoßrichtung AR ausgestoßen wird. Der Stößel 53a verschließt eine Düsenöffnung

55 und dient somit auch als Verschlusselement 53a. Da aber der größte Teil des Mediums erst durch den Stößel 53a aus der Düsenöffnung 54 ausgestoßen wird, wenn der Stößel 53a sich in der Ausstoßrichtung AR auf die Düsenöffnung 55 zu bewegt, wird er hier als Ausstoßelement 53a bezeichnet.

5

Zur Ansteuerung des Piezoaktors 2 (Figur 2) ist das Aktormodul 1 elektrisch bzw. signaltechnisch mit einer Steuereinrichtung 5 verbunden, die z. B. auch als Teil des Dosiersystems 50 ausgebildet sein kann. Die Verbindung zur Steuereinrichtung 5 erfolgt über Anschlusskabel 5', welche endseitig mit Aktormodul-Steueranschlüssen 7a, z. B. geeigneten Steckern 7a, verbunden sind.

10

Die Aktormodul-Steueranschlüsse 7a kontaktieren jeweils einen elektrischen Anschluss 6a im Modulgehäuse 3, hier zwei Kontaktstifte 6a, die jeweils hermetisch dicht und elektrisch isoliert durch eine Modulgehäusewandung 3w des Modulgehäuses 3 geführt sind. In Figur 1 umfasst das Aktormodul 1 insgesamt vier Kontaktstifte 6a, 6b, die in einer Stirnseite 12 bzw. Endseite 12 – auch als Modulgehäusedeckel zu bezeichnen – des Modulgehäuses 3 angeordnet sind (siehe Figur 3). Die beiden hier äußeren Kontaktstifte 6a dienen der Ansteuerung des Piezoaktors 2 bzw. der Kommunikation zwischen Piezoaktor 2 und Steuereinrichtung 5.

20

Die beiden hier mittig gezeigten Kontaktstifte 6b werden dazu genutzt, um Messwerte von Temperatursensoren aus dem Modulgehäuse 3 an die Steuereinrichtung 5 zu übertragen. Dazu sind die Kontaktstifte 6b jeweils einerseits über Temperatursensor-Anschlüsse 7b, über Anschlusskabel 5' mit der Steuereinrichtung 5 und andererseits im Modulgehäuse 3 mit den einzelnen Temperatursensoren verbunden (hier nicht gezeigt). Beispielsweise könnten über die Kontaktstifte 6b auch Messwerte von mehreren Temperatursensoren ortsaufgelöst an die Steuereinrichtung 5 weitergeleitet werden.

25

Der im Modulgehäuse 3 angeordnete Piezoaktor 2 (Figur 2) - und darüber auch das Modulgehäuse 3 - kann sich in Längsrichtung der Aktorkammer 58 entsprechend einer Beschaltung mittels der Steuereinrichtung 5 ausdehnen (expandieren) und wieder zusammenziehen. Das Aktormodul 1 kann von oben in die Aktorkammer 58 eingelegt und darin höhenverstellbar gelagert sein, wobei eine genaue Justage des Aktormoduls 1 in Bezug auf einen Bewegungsmechanismus mit einer Übersetzungsmechanik 60 ermöglicht wird. Im hier gezeigten Fall stützt sich der Modulgehäusedeckel bzw. die Endseite 12 (Figur 3) über ein

35

nicht näher gezeigtes Stützelement innen an der Aktorkammer 58 ab, wobei das Stützelement als hier oberes Widerlager dient und z. B. durch eine Schraubbewegung verstellt werden kann (nicht gezeigt) für eine Justage des Aktormoduls 1. Entsprechend ist das Aktormodul 1 nach hier unten über ein unten spitzwinkelig zulaufendes Druckstück 64 auf dem Hebel 63 gelagert, welcher wiederum auf einem Hebellager 65 aufliegt. Über dieses Hebellager 65 ist der Hebel 63 um eine Kippachse K verkippt, so dass ein Hebelarm des Hebels 63 durch die Aktionskammer 59 reicht. Am Ende des Hebelarms weist dieser eine in Richtung zum Stößel 53a der mit der Aktor-Baugruppe 51 gekoppelten Fluidik-Baugruppe 52 weisende Kontaktfläche 66 auf, welche auf die Kontaktfläche 67 des Stößelkopfs 68 drückt.

Bei allen gezeigten Ausführungsbeispielen ist vorgesehen, dass die Kontaktfläche 66 des Hebels 63 permanent in Kontakt mit der Kontaktfläche 67 des Stößelkopfs 68 ist, indem eine Stößelfeder 69 den Stößelkopf 68 von unten gegen den Hebel 63 drückt. Grundsätzlich wäre es aber auch möglich, dass in einer Ausgangs- bzw. Ruhelage der Stößelfeder 69 ein Abstand zwischen Stößel 53a und Hebel 63 vorhanden ist. Um eine nahezu konstante Vorspannung des Antriebssystems zu ermöglichen, wird der Hebel 63, an dem Ende, an dem er mit dem Stößel 53a in Kontakt kommt, durch eine Aktorfeder 70 nach hier oben gedrückt.

Der Stößel 53a ist mittels der Stößelfeder 69 einem Stößellager 71 aufgelagert, an welches sich nach unten eine Stößeldichtung 72 anschließt. Die Stößelfeder 69 drückt den Stößelkopf 68 vom Stößellager 71 in axialer Richtung nach hier oben weg. Somit wird auch eine Stößelspitze 73 von einem Dichtsitz 74 der Düse 54 weggedrückt. D. h. ohne äußeren Druck von oben auf den Stößelkopf 68 ist im Ruhezustand (nicht expandierten Zustand) des Piezoaktors 2 (Figur 2) auch eine Düsenöffnung 55 unverschlossen.

Die Zuführung des Dosierstoffs D zur Düse 54 erfolgt über eine Düsenkammer 75 sowie einen sich daran anschließenden Zuführkanal 56, der mit einer Dosierstoff-Zuführleitung 76 zu einem Dosierstoff-Reservoir (hier nicht gezeigt) verbunden werden kann.

Das Dosiersystem 50, genauer gesagt der Gehäuseblock 57, umfasst weiterhin – wie in den Figuren 2, 4, 6, 8 und 10 beispielhaft und schematisch an unterschiedlichen Positionen im Dosiersystem 50 gezeigt – Einlassöffnungen $58_{i_{rad}}$, $58_{i_{ax}}$ und Auslassöffnungen $58_{o_{rad}}$, $58_{o_{ax}}$ einer (nicht dargestellten) steuerbaren Kühleinrichtung, welche Öffnungen eine direkte oder indirekte Verbindung zu einem Wellenbalg 10, 20, 30, 40 des Aktormoduls 1 aufweisen. Über die jeweiligen Einlassöffnungen $58_{i_{rad}}$, $58_{i_{ax}}$ kann ein Kühlmedium M, z. B. Luft

M, insbesondere Druckluft oder vorgekühlte Druckluft, von außen an einer gewünschten Stelle z. B. in die Aktorkammer 58 eingebracht werden.

In Figur 2 ist gezeigt, dass ein Kühlmedium M über eine radiale Einlassöffnung $58i_{rad}$ in die
5 Aktorkammer 58 einströmt, welche Einlassöffnung $58i_{rad}$ im Wesentlichen auf einer Höhe h_e eines hier oberen Endabschnitts eines Wellenbalgs 10 des Aktormoduls 1 angeordnet ist. Folglich strömt das Kühlmedium M in einem Bereich zwischen einer hier oberen Stirnseite 12 und einer hier unteren Stirnseite 11 (Figur 3) des Modulgehäuses 3 in die Aktorkammer 58 ein und trifft auf Höhe h_e erstmalig auf den Wellenbalg 10 (Figur 2). Das ein-
10 strömende Kühlmedium M wird auf Grund der helixförmigen Struktur der Gehäusewand 3w durch eine Rille 17, die von zwei Erhebungen 18 begrenzt ist, entlang der äußeren Manteloberfläche des Wellenbalgs 10 geführt und umströmt die Manteloberfläche in dem helixförmigen Bereich gezielt. Es ist erkennbar, dass die jeweiligen Erhebungen 18 im Wesentlichen bündig an eine Wandung 58w bzw. eine Innenmantelfläche 58w der Aktorkammer 58
15 des Dosiersystems 50 angrenzen. Dadurch kann ein gerichteter Strom aus Kühlmedium M entlang der Rille 17 erzeugt werden. Durch den Kontakt mit der Manteloberfläche des Wellenbalgs 10 nimmt das Kühlmedium M Wärme auf, die im Betrieb im Piezoaktor 2 entsteht bzw. an der Piezoaktoroberfläche $2'$ anliegt und über die Vergussmasse 4, insbesondere über den Hilfsstoff 4b in der Grundmasse 4a, im Modulgehäuseinnenraum $3i$ (Figur 2) bis
20 an die Modulgehäusewandung 3w bzw. die Manteloberfläche des Wellenbalgs 10 geleitet wird, und führt diese vom Aktormodul 1 weg. Hierdurch kann der Wellenbalg 10 effektiv gekühlt werden. Nachdem das Kühlmedium M die Manteloberfläche des Wellenbalgs 10 entlang der Rille 17 vollständig passiert hat, wird es über eine radiale Auslassöffnung $58o_{rad}$ wieder aus der Aktorkammer 58 ausgelassen, ausgeblasen oder abgesaugt. Die Auslass-
25 öffnung $58o_{rad}$ befindet sich im Wesentlichen auf einer Höhe h_r eines hier unteren Endabschnitts des Wellenbalgs 10 des Modulgehäuses 3. Die Strömungsrichtung des Kühlmediums M durch das Dosiersystem 50 ist schematisch mittels Pfeilen gezeigt. Weiterhin ist in Figur 2 anhand eines schematischen Koordinatensystems die Ausrichtung der radialen Einlassöffnung $58i_{rad}$ und der radialen Auslassöffnung $58o_{rad}$ in Bezug auf die Axialrichtung R_{AX} und die Radialrichtung R_{RAD} des Modulgehäuses 3 bzw. des Aktormoduls 1 gezeigt. In dem Querschnitt in Figur 1 ist die in Blickrichtung verlaufende Axialrichtung R_{AX} schematisch als Mittelpunkt des Aktormoduls 1 gezeigt, wobei die Radialrichtung R_{RAD} quer dazu verläuft. In Figur 1 ist weiterhin schematisch eine Azimutalrichtung R_{AZ} gezeigt.

35 Das aus der Aktorkammer 58 austretende, erwärmte Kühlmedium M kann bei Bedarf wieder einer Kühleinrichtung zum Herunterkühlen zugeführt werden, um anschließend wieder über

die Einlassöffnung 58_{rad} zur erneuten Kühlung genutzt werden zu können. Ein solcher Kreislauf mit Wärmetauscher zur Abgabe der aufgenommenen Wärme ist alternativ zu einer Druckluft-Kühlung zu sehen, bei welcher die verwendete Druckluft im Anschluss meist nicht weiter genutzt wird.

5

Das Aktormodul 1 aus Figur 2 ist in Figur 3 im Detail gezeigt, wobei der Wellenbalg 10 so aufgebaut ist, dass sich eine einzige Rille 17 fortlaufend bzw. durchgehend über die gesamte Länge eines helixförmigen Abschnitts 14 erstreckt. Der helixförmige Abschnitt 14 bzw. dessen Beginn ist in einem Abstand a_{10} von der Endseite 12 angeordnet. Im hier gezeigten Beispiel bildet das gegenüberliegende Ende des helixförmigen Abschnitts 14, das 10 der Stirnseite 11 zugewandt ist, eine ringförmige Erhebung.

Das Modulgehäuse 3 in Figur 3 ist so ausgebildet, dass im montierten Zustand (Figur 2) das auf die gerillte Manteloberfläche des Wellenbalgs 10 gerichtete bzw. treffende Kühlmedium M durch eine sich helixförmig in einer Windungsrichtung $WR_{AX, AZ}$ entlang des Wellenbalgs 10 erstreckende bzw. windenden Rille 17 strömt, welche Rille 17 durch beidseits der 15 Rille 17 verlaufende parallele Erhebungen 18 seitlich begrenzt ist. Die Rille 17 weist eine Rillenbreite 17b von bevorzugt 1 mm auf, wobei die jeweilige Erhebung 18 eine Erhebungsbreite 18b von bevorzugt 1 mm aufweist. Eine Steigung 19s des Wellenbalgs 10 beträgt in diesem Beispiel entsprechend 2 mm. Das Modulgehäuse 3 umfasst weiterhin einen hier 20 oberen frontseitigen Ringflansch 16 und einen hier unteren endseitigen Ringflansch 15.

In den Figuren 4 und 5 ist ein Ausführungsbeispiel eines Aktormoduls 1 mit einem gegenüber Figur 3 abgewandelten Wellenbalg 20 gezeigt, wobei der helixförmige Abschnitt 14 in einem Abstand a_{20} von der hier oberen Stirnseite 12 des Modulgehäuses 3 angeordnet ist. Der helixförmige Abschnitt 14 grenzt hier in Richtung der Stirnseite 12weisend an einen ebenen bzw. windungsfreien Abschnitt 22 an bzw. geht in einen ebenen Bereich 22 über. Dementsprechend weist das Gehäuse 3 keine abschließende ringförmige Erhebung auf, in welcher die Rille endet (anders als bei Figur 3). Vielmehr mündet die Rille 17 in den ebenen 30 Abschnitt 22. Der Vorteil dieser Ausgestaltung mit einem frei auslaufenden, in einen ebenen Abschnitt 22 mündenden helixförmigen Abschnitt liegt darin, dass der Strom des Kühlmediums im Wesentlichen auf eine beliebige Stelle entlang des Umfangs des ebenen Abschnitts 22 gerichtet werden kann, wobei der Strom aus Kühlmedium von selbst in die beginnende Rille 17 einströmt.

35

Demgegenüber ist bei der durch die ringförmige Erhebung in Form eines „Flansches“ begrenzten Rille 17 des Wellenbalgs 10 aus Figur 3 ein eindeutiger (Soll-)Eintrittspunkt für das Kühlmedium in die Rille 17 definiert. Wird das Kühlmedium genau an dieser Stelle eingeleitet, strömt es automatisch in die Rille 17 und entlang der Rille 17 bis zum Ende des helixförmigen Abschnitts 14. Sollte das Kühlmedium jedoch erst an einer späteren Stelle in die Rille 17 eingeleitet werden, kann ggf. ein „toter“ Abschnitt entstehen, in dem sich möglicherweise Kühlmedium anstaut bzw. ansammelt.

Bei dem Wellenbalg 10 (siehe Figuren 2 und 3) und dem leicht abgewandelten Wellenbalg 20 (siehe Figuren 4 und 5), ist es vorteilhaft, wenn sich, wie hier in Figur 2 und 4 der Fall, die Auslassöffnung $58o_{rad}$ am in Axialrichtung R_{AX} (Figur 2) gesehenen gegenüberliegenden, anderen Endabschnitt des Wellenbalgs 10, 20 als die Einlassöffnung $58i_{rad}$ befindet, da dann nahezu der gesamte Wellenbalg 10, 20 gekühlt wird. Wie in Figuren 2 und 4 gezeigt ist, gibt es jeweils eine Einlassöffnung $58i_{rad}$ im Bereich eines Endabschnitts des Wellenbalgs 10, 20 kurz vor einem Ringflansch 16, 26 (Figuren 3 und 5) nahe der Endseite 12 des Modulgehäuses 3. Eine Auslassöffnung $58o_{rad}$ ist im Bereich des gegenüberliegenden, anderen Endabschnitts des Wellenbalgs 10, 20 kurz vor einem Ringflansch 15, 25 (Figuren 3 und 5) nahe der Frontseite 11 des Modulgehäuses 3 im montierten Zustand angeordnet (Figuren 2 und 4). Beide Öffnungen $58i_{rad}$, $58o_{rad}$ münden in Bezug auf den montierten Wellenbalg 10, 20 jeweils radialaußenseitig im Bereich eines Manteloberflächenabschnitts am Wellenbalg 10, 20 und erstrecken sich von dort in einer Radialrichtung R_{RAD} des betreffenden Wellenbalgs 10, 20, die der Radialrichtung R_{RAD} des jeweiligen Aktormoduls 1 entspricht, durch und letztlich aus dem Gehäuseblock 57 des Dosiersystems 50 hinaus zur Kühleinrichtung.

Sowohl die radiale Einlassöffnung $58i_{rad}$ als auch die radiale Auslassöffnung $58o_{rad}$ befinden sich in den Figuren 2 und 4 jeweils beispielhaft in Azimutalrichtung R_{AZ} des Wellenbalgs 10, 20 auf einer rechten Seite des Gehäuseblocks 57.

Der in Figur 4 (sowie im Übrigen auch in Figur 10 bei einem weiter unten noch erläuterten, Ausführungsbeispiel des Dosiersystems 50) dargestellte Wellenbalg 20 unterscheidet sich, wie bereits erläutert wurde, vom Wellenbalg 10 aus Figur 3 nur geringfügig. Der Unterschied besteht in der Ausgestaltung der Wellenkontur 10, 20 der Endabschnitte vor den Stirnseiten 11, 12 des Modulgehäuses 3 des jeweiligen Wellenbalgs 10, 20. Die Wellenkontur 10 endet beim Wellenbalg 10 vor dem jeweiligen Ringflansch 15, 16 mit einer zu einer Ringdichtung 61 (siehe Figur 2) geschlossenen Rille 17, d. h. das Ende der Rille 17 ist begrenzt durch

die Erhebung 18. Mit anderen Worten schließt der helixförmige Abschnitt 14 der Wellenkontur 10 an beiden gegenüberliegenden Enden jeweils mit einem ringförmigen Erhebungsabschnitt als Teil einer Erhebung 18 ab und ist damit gegenüber dem jeweiligen Ringflansch 15, 16 (der im eingebauten Zustand des Aktormoduls 1 einer Ringdichtung 61 zur Frontseite 11 bzw. einer Ringdichtung 61 zur Endseite 12 des Modulgehäuses 3 als Anschlag dient) separiert.

Demgegenüber läuft bei dem Gehäusemodul 3 in Figuren 4 und 5 die Rille 17 am jeweiligen Ende des helixförmigen Abschnitts 14 (hier beispielsweise mit linksgängiger Helix bzw. Windung dargestellt) bei dem Wellenbalg 20 frei zur jeweiligen Ringdichtung 61 (siehe Figur 4) in einen breiteren, ebenen Abschnitt 21, 22 aus, der kurz vor einem Ringflansch 25, 26 liegt und in einem Abstand a_{20} von der hier oberen Stirnseite 12 beginnt (Figur 5). Der in Figur 4 und 5 untere Ringflansch 25 steht gegenüber dem Ringflansch 26 am anderen, gegenüberliegenden Endabschnitt weniger stark hervor. Damit ist gemeint, dass die die Rille 17 begrenzende Erhebung 18 bereits in etwa eine Windung früher ausläuft. Den Weg zu den Stirnseiten 11, 12 zwischen der Oberfläche des Wellenbalgs 20 und der Wandung 58w bzw. Innenmantelfläche 58w der Aktorkammer 58 dichtet im eingebauten Zustand bei dem Wellenbalg 20 also nur die Ringdichtung 61, nicht jedoch die Erhebung 18 selbst ab (Figur 4).

Bei weiteren Ausführungsbeispielen eines erfindungsgemäßen Dosiersystems 50 in den Figuren 6 und 8, die jeweils ein bestimmungsgemäß eingebautes erfindungsgemäßes Aktormodul 1 mit einem Wellenbalg 30, 40 aufweisen, sind zwei radiale Auslassöffnungen $58_{o_{rad}}$ jeweils auf Höhe h_e , h_r eines Endabschnitts des Wellenbalgs 30, 40 angeordnet. Zwischen den außenliegenden Auslassöffnungen $58_{o_{rad}}$ ist eine radiale Einlassöffnung $58_{i_{rad}}$ auf Höhe h_m angeordnet, die einem mittleren Abschnitt 33 des montierten Wellenbalgs 30 zugeordnet ist (Figur 6) bzw. auf einer Höhe h_m angeordnet, die einem mittleren, ebenen Abschnitt 43 des Wellenbalgs 40 im Gehäuseblock 57 zugeordnet ist (Figur 8).

Die in Figuren 7 und 9 näher gezeigten Ausführungsbeispiele des Aktormoduls 1 aus den Figuren 6 und 8 mit dem Wellenbalg 30, 40 unterscheiden sich gegenüber den oben bereits beschriebenen Ausführungsbeispielen (Figuren 3 und 5) darin, dass die Wellenkontur 30, 40 über ihre axiale Erstreckung anstatt eines durchgängigen helixförmigen Abschnitts 14, zwei getrennte helixförmige Abschnitte 34l, 34r (Figur 7) bzw. 44l, 44r (Figur 9) umfasst. Die jeweiligen helixförmigen Abschnitte 34l, 34r, 44l, 44r des jeweiligen Wellenbalgs 30, 40 in den Figuren 7 und 9 sind jeweils in etwa halb so lang wie der durchgängige helixförmige Abschnitt 14 des Wellenbalgs 10 des Aktormoduls 1 in Figur 3. Sie erstrecken sich jeweils

von einem mittleren Abschnitt 33 (Figur 7) bzw. von einem ebenen mittleren Abschnitt 43 (Figur 9) zu den Endabschnitten des jeweiligen Wellenbalgs 30, 40.

Beim Wellenbalg 30 in Figur 7 endet der helixförmige Abschnitt 34l mit einer ringförmigen Erhebung 18 kurz vor einem endseitigen Ringflansch 35, der wieder als Anschlag für eine Ringdichtung 61 (siehe Figur 6) dient, in der Nähe der Frontseite des Wellenbalgs 30. Der andere helixförmige Abschnitt 34r am anderen Endbereich endet kurz vor einem frontseitigen Ringflansch 36 in der Nähe der Endseite 12, insbesondere in einem Abstand a_{30} von der Endseite 12 des Modulgehäuses 3 des Wellenbalgs 30. Im mittleren Abschnitt 33 treffen die beiden Rillen 17 der beiden helixförmigen Abschnitte 34, 34r exakt in einem Endpunkt bzw. Totpunkt aufeinander bzw. schneiden sich. Die beiden helixförmigen Abschnitte 34l, 34r und damit auch die jeweils zugeordneten Rillen 17 haben eine unterschiedliche Windungsrichtung (Figur 7).

In Figur 6 ist erkennbar, dass im montierten Zustand des Aktormoduls 1 die Einlassöffnung $58i_{rad}$ des Dosiersystems 50 auf einen leicht gegenüber dem anhand von Figur 7 beschriebenen Totpunkt bzw. Schnittpunkt der beiden Rillen 17 versetzten Teilungspunkt gerichtet ist, der sich in etwa eine Viertelwindung in Azimutalrichtung R_{AZ} vor diesem Totpunkt befindet, an welchem Totpunkt sich die beiden helixförmigen Abschnitte 34l, 34r in zwei Rillen 17 aufteilen. Durch die in Figur 6 gezeigte Positionierung der Einlassöffnung $58i_{rad}$ und des Aktormoduls 1 zueinander wird erreicht, dass das Kühlmedium gleichermaßen in beide Rillen 17 strömt und entlang dieser in Richtung der Auslassöffnungen $58o_{rad}$ strömt und dabei möglichst wenig Kühlmedium in die Gegenrichtung zum End- bzw. Totpunkt der beiden Rillen 17 strömt.

25

Der Wellenbalg 40 in Figur 9 umfasst zwei helixförmige Abschnitte 44l, 44r mit einer unterschiedlichen Windungsrichtung, wobei auch die beiden Rillen 17 verschiedene Wendelrichtungen haben. Bei diesem Wellenbalg 40 läuft ein (hier unterer) helixförmiger Abschnitt 44l am Endabschnitt des Wellenbalgs 40 in einen kurzen, ebenen bzw. windungsfreien Abschnitt 41 (ohne Erhebung) aus, welcher durch eine rein in Azimutalrichtung R_{AZ} verlaufende ringförmige Erhebung begrenzt ist, an die sich frontseitig (d. h. auf der der Frontseite zugewandten Seite der Erhebung) eine Positionierrille für eine Ringdichtung 61 (siehe Figur 8) anschließt, die wiederum von einem Ringflansch 45 (in der Nähe der Frontseite des Wellenbalgs 40) als Anschlag zur Frontseite begrenzt wird.

35

Der andere helixförmige Abschnitt 44r am anderen Endbereich des Wellenbalgs 40 ist identisch ausgebildet. Dort geht der helixförmige Abschnitt 44r in einem Abstand a_{40} von der Endseite 12 des Modulgehäuses 3 des Wellenbalgs 40 in einen ebenen bzw. windungsfreien Abschnitt 42 über, an den sich wieder – diesmal endseitig – eine ringförmige Erhebung anschließt, die wiederum in einem Abstand einer Ringdichtung 61 (Figur 8) durch einen Ringflansch 46 als Anschlag zur Endseite 12 begrenzt wird.

In der Mitte des Wellenbalgs 40 in Figur 9 trennt die beiden helixförmigen Abschnitte 44l, 44r der besagte mittlere, ebene Abschnitt 43, so dass die Abschnitte 44l, 44r in einem Abstand b_{40} voneinander beabstandet sind. Über den vollen Abstand b_{40} ist der mittlere Abschnitt 43 rillen- und erhebungsfrei. Allerdings kann der Abstand b_{40} zwischen den Abschnitten 44l, 44r entlang des Umfangs des Modulgehäuses 3 variieren. Wie in Figur 8 gezeigt, ist das Aktormodul 1 so im Dosiersystem 50 angeordnet, dass sich auf Höhe h_m des mittleren Abschnitts 43 die Einlassöffnung 58_{rad} in der Wandung 58w der Aktorkammer 58 des Gehäuseblocks 57 befindet, um das Kühlmedium M hier von rechts auf der rechten Seite in die Aktorkammer 58 einzubringen. Grundsätzlich kann das Kühlmedium M auch von einer anderen Seite in die Aktorkammer 58 eingebracht werden.

Dadurch, dass sich die Einlassöffnung 58_{rad} in Figur 6 und 8 jeweils in der Mitte zwischen den beiden Auslassöffnungen 58_{orad} befindet, kann der Bereich des Piezoaktors 2 (Figur 2), der sich im Betrieb am stärksten aufheizt, nämlich die Mitte, am stärksten gekühlt werden, da dort das Kühlmedium M noch frisch gekühlt eingebracht wird. Zum jeweiligen Ende hin erhitzt sich auch der Piezoaktor 2 im Betrieb üblicherweise weniger, so dass hier zunehmend weniger Kühlung erforderlich ist. Deshalb kann trotz einer Erwärmung des Kühlmediums M in Folge einer Umströmung des Wellenbalgs 30, 40 zu den Endbereichen hin eine ausreichende Kühlung des Piezoaktors 2 auch an den Enden erreicht werden. Der Kühlungsgrad bzw. die Kühlleistung kann hier also mit dem Erwärmungsgrad des Piezoaktors 2 und damit der Manteloberfläche des Wellenbalgs 30, 40 korrelieren.

Bei den Aktormodulen 1 in Figur 7 und 9 weisen die Abschnitte 34l, 44l eine linksgängige Helix bzw. Windungsrichtung $WR_{\text{AX}, \text{AZ}}$ und die Abschnitte 34r, 44r eine gegenläufige, rechtsgängige Helix bzw. Windungsrichtung $WR_{\text{AX}, \text{AZ}}$ auf. Die sich gegenläufig windenden Abschnitte 34l, 34r, 44l, 44r haben den Vorteil, dass sie eventuell im Betrieb des Dosiersystems auftretende Torsionskräfte jeweils halbieren und durch die gegenläufige Windungsrichtung $WR_{\text{AX}, \text{AZ}}$ auch direkt gegenseitig aufheben können. Torsionskräfte können bei einem zylindrischen Körper nämlich mit zunehmendem Radius und/oder zunehmender

Länge des Gewindeabschnitts mit gleichläufiger Windung je nach Materialeigenschaften und Materialstärke unter Umständen für eine Verwindung des Zylinders sorgen. Die konstruktionsbedingte Reduzierung dieses Effekts erweitert die Möglichkeiten bei der Materialauswahl und Materialstärke.

5

In Figur 10 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Dosiersystems 50 gezeigt, bei welchem das Kühlmedium M aus einer axialen Richtung in das Dosiersystem 50 eingeleitet wird und welches ohne die z. B. anhand von Figur 4 beschriebenen Ringdichtungen 61 auskommt (wenn sie doch vorhanden sind, übernehmen sie hier lediglich eine grobe Justagefunktion für das Aktormodul 1 im Gehäuse 57). Denn an diesen Stellen wird das Kühlmedium M endseitig am Wellenbalg 20* durch eine oberflächige Ausfräsung in bzw. entlang der benachbarten Wandung 58w der Aussparung 58* des Gehäuses 57 des Dosiersystems 50 letztlich über eine axiale Einlassöffnung 58i_{ax} außen am Ringflansch 26 des Wellenbalgs 20* vorbei in eine Rille 17 des Wellenbalgs 20* eingelassen.

15

In Figur 11 ist eine alternative Variante dazu gezeigt, bei der nicht das das Aktormodul 1 umgebende Gehäuse 57, genauer gesagt die Aussparung 58 im Gehäuse 57, die erwähnte Ausfräsung aufweist, sondern der obere Endabschnitt sowie der Ringflansch 26 des Wellenbalgs 20* vier, hier z. B. konkav ausgebohrte oder ausgefräste, Modulgehäuserandaussparungen 3a aufweist, durch welche hindurch das Kühlmedium M in die Aktorkammer 58* gelangt bzw. einströmt.

Konkret kann dazu beispielsweise mittels eines Kugelfräasers oder eines Bohrers seitlich in die Endseite 12 und/oder den Ringflansch 26 eine seitliche Einfräsung in Form eines konkaven bzw. halbkugelförmigen Ausschnitts eingebracht sein, so dass das Kühlmedium M von der Einlassöffnung 58i_{ax} bzw. Zuführbohrung über diese seitliche Verbreiterung bzw. diese seitlichen Verbreiterungen in der Wandung 58w der Aussparung 58* in die Helix bzw. helixförmige Rille 17 gelangen kann.

Anschließend strömt es wieder in bzw. entlang der helixförmigen Rille 17 bevor es am gegenüberliegenden Endabschnitt des Wellenbalgs 20 am Ringflansch 25 vorbei axial bzw. stirnseitig aus der Aktorkammer 58* hinaus in eine Aktionskammer 59 als weitere Aussparung 59 hineinströmt, in welcher sich unter anderem der Hebel 63 einer Übersetzungsmechanik 60 befindet, wobei der Aufbau der Übersetzungsmechanik 60 anhand von Figur 2 beschrieben wurde. Das axiale Einlassen und Auslassen des Kühlmediums hat den besonderen Vorteil, dass damit die gesamte Kühlung mit Zu- und Abluft auf dem Bauraum der

35

Querschnittsfläche der Aktorkühlung untergebracht werden kann und so ein entsprechendes Dosiersystem bzw. Dosierventil sehr platzsparend, insbesondere schmal, ausführbar ist, was gerade bei Anwendungen mit mehreren parallel, dicht nebeneinander angeordneten Dosiersystemen ein großer Vorteil ist. Zudem durchströmt das Kühlmedium M auch die

5 Aktionskammer 59 im Bereich dieser Übersetzungsmechanik 60, ehe es im Bereich der Stößelvorrichtung 53 auf Höhe der Aktorfeder 70 bzw. Stößelfeder 69 durch eine Auslassöffnung 59o seitlich (hier nach rechts) durch eine Bohrung im Gehäuseblock 57 hindurch aus dem Gehäuseblock 57 hinaus z. B. in die Kühleinrichtung (nicht dargestellt) geleitet wird.

10

Das Durchströmen von der Einlassöffnung 58i_{ax} an der Endseite 12 des Modulgehäuses 3 des Wellenbalgs 20 bis hin zur Auslassöffnung 59o im Bereich der Übersetzungsmechanik 60 bzw. der Stößelvorrichtung 53 hat den Vorteil, dass während des Betriebs des Dosiersystems 50 entstehender Materialabrieb etc. direkt mit aus dem System hinausgespült werden kann. Ist dem so, bietet es sich an, das Kühlmedium M nach jedem Durchlauf entsprechend zu filtern, zumindest dann, wenn es erneut verwendet wird.

15

Die Figuren 12 und 13 zeigen nun noch ein Aktormodul 1 mit einem schlauchförmigen, elastischen bzw. (aus)dehnbaren Überzieher 47. Der Überzieher 47 wird einmalig für den

20 Dosierbetrieb auf das Aktormodul 1 aufgezogen oder alternativ wird das Aktormodul 1 damit überzogen. Durch die Hülle in Form des Überziehers 47 um das Aktormodul 1 wird aus der durch die seitlichen Erhebungen 18 begrenzten Rille 17 des Wellenbalgs 20** des Aktormoduls 1 ein abgeschlossener, dichter sich helixförmig erstreckender Tunnel, durch welchen das Kühlmedium M ringsum geführt geleitet werden kann. Der Überzieher 47 umfasst

25 an den beiden axialen Endbereichen je eine Öffnung, an die ein Schlauch 48, 49 für das Kühlmedium M anvulkanisiert ist. Dies hat den Vorteil, dass das Gehäuse 57 des Dosiersystems 50 selbst diese Kanäle nicht in Form von tatsächlichen Bohrungen enthalten muss.

25

Durch den Überzieher 47, der dicht auf den Erhebungen 18 sitzt, wird verhindert, dass

30 Kühlmedium M die Erhebungen 18 senkrecht zur Windungsrichtung $WR_{AX, AZ}$ der Rille 17 überspringen bzw. überfließen kann. Zudem ist dann im eingebauten Zustand, in dem das Aktormodul 1 mit dem Überzieher 47 im Dosiersystem 50 eingesetzt und verbaut ist, keine exakt passige, nahezu dichte Einfassung des Aktormoduls 1 durch das umliegende Gehäuse 57 bzw. die Aktorkammer 58 im Gehäuse 57 mehr erforderlich. Figur 13 zeigt eine

35 Variante des Aktormoduls 1 aus Figur 12, jedoch ohne die länglichen Versorgungsschläu-

35

che 48, 49. Dafür befinden sich dann entsprechende Bohrungen oder Versorgungsschläuche im Gehäuse des zugehörigen Dosiersystems, was hier allerdings nicht explizit dargestellt ist.

- 5 Durch das Zusammenspiel der Vergussmasse 4 mit dem Hilfsstoff 4b im Inneren des Aktormoduls 1 mit der Ausgestaltung der Wellenkontur 10, 20, 30, 40 an der Oberfläche des Aktormoduls 1 gemäß der Erfindung sowie den Kühlmedium-Ein- und Auslässen des Dosiersystems 50, kann im Betrieb des Dosiersystems 50 eine besonders effiziente Wärmeableitung vom Piezoaktor 2 erfolgen, was sich vorteilhaft auf die Dosierpräzision und die
- 10 Nutzungsdauer des Piezoaktors 2 auswirken kann.

- Es wird abschließend noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den vorhergehend detailliert beschriebenen Vorrichtungen lediglich um Ausführungsbeispiele handelt, welche vom Fachmann in verschiedenster Weise modifiziert werden können, ohne den Bereich der
- 15 Erfindung zu verlassen. So sind beispielsweise die in den Ausführungsbeispielen dargestellten Aktormodule auch mit anderen Steigungen und/oder Windungsrichtungen der helixförmigen Abschnitte des Wellenbalgs vorstellbar. Weiterhin schließt die Verwendung der unbestimmten Artikel „ein“ bzw. „eine“ nicht aus, dass die betreffenden Merkmale auch mehrfach vorhanden sein können. Ebenso schließen die Begriffe „Element“ und „Anord-
- 20 nung“ nicht aus, dass die betreffende Komponente aus mehreren zusammenwirkenden Teilkomponenten besteht, die gegebenenfalls auch räumlich verteilt sein können.

Bezugszeichenliste

	1	Aktormodul
	2	Piezoaktor / Aktor
5	2'	Piezoaktoroberfläche
	3	Modulgehäuse
	3i	Modulgehäuseinnenraum
	3w	Modulgehäusewandung
	3a	Modulgehäuserandaussparung
10	4	Vergussmasse
	4a	Grundmasse / Stoff
	4b	Hilfsstoff
	5	Steuereinrichtung
	5'	Anschlusskabel
15	6a	Anschluss / Kontaktstift (Piezoaktor)
	6b	Anschluss / Kontaktstift (Temperatursensor)
	7a	Aktormodul-Steueranschlüsse
	7b	Temperatursensor-Anschlüsse
	10, 20, 20*, 20**, 30, 40	Wellenbalg / Wellenkontur
20	11	Stirnseite / Frontseite
	12	Stirnseite / Endseite
	14	Abschnitt, helixförmig
	15	Ringflansch, endseitig
	16	Ringflansch, frontseitig
25	17	Rille / Vertiefung
	17b	Rillenbreite
	18	Erhebung
	18b	Erhebungsbreite
	19s	Steigung
30	21, 22	Abschnitt, eben
	25, 26	Ringflansch
	33	mittlerer Abschnitt
	34l	Abschnitt mit linksgängiger Helix
	34r	Abschnitt mit rechtsgängiger Helix
35	35	Ringflansch, endseitig
	36	Ringflansch, frontseitig

	41, 42	Abschnitt, eben
	43	mittlerer Abschnitt, eben
	44l	Abschnitt mit linksgängiger Helix
	44r	Abschnitt mit rechtsgängiger Helix
5	45, 46	Ringflansch
	47	Überzieher
	48	Zuführschlauch
	49	Abführschlauch
	50	Dosiersystem
10	51	Aktor-Baugruppe
	52	Fluidik-Baugruppe
	53	Stößelvorrichtung
	53a	Ausstoß- bzw. Verschlusselement / Stößel
	54	Düse
15	55	Düsenöffnung
	56	Zuführkanal
	57	Gehäuse / Gehäuseblock
	58, 58*	Aussparung / Aktorkammer
	58w	Wandungen / Innenmantelfläche der Aktorkammer
20	58i _{ax}	Einlassöffnung, axial
	58i _{rad}	Einlassöffnung, radial
	58o _{rad}	Auslassöffnung, radial
	59	weitere Aussparung / Aktionskammer
	59o	Auslassöffnung, weitere im Bereich des Ausstoßelements
25	60	Übersetzungsmechanik
	61	Ringdichtung
	62	Schraube
	63	Übersetzungshebel / Hebel
	64	Druckstück
30	65	Hebellager
	66	Kontaktfläche (Hebel)
	67	Kontaktfläche (Stößelkopf)
	68	Stößelkopf
	69	Stößelfeder
35	70	Aktorfeder
	71	Stößellager

	72	Stößeldichtung
	73	Stößelspitze
	74	Dichtsitz
	75	Düsenkammer
5	76	Dosierstoff-Zuführleitung
	$a_{10}, a_{20}, a_{30}, a_{40}$	Abstand
	b_{40}	Abstand / Freiraum zwischen zwei helixförmigen Abschnitten
	h_e	Höhe / Position eines oberen Endabschnitts des Wellenbalgs
	h_f	Höhe / Position eines unteren Endabschnitts des Wellenbalgs
10	h_m	Höhe / Mitte zwischen den Endabschnitten des Wellenbalgs
	AR	Ausstoßrichtung
	D	Dosierstoff / Dosiermedium
	K	Kippachse
	M	Kühlmedium / Luft
15	R_{AX}	Axialrichtung
	R_{RAD}	Radialrichtung
	R_{AZ}	Azimutalrichtung
	$WR_{AX, AZ}$	Windungsrichtung

Patentansprüche

1. Aktormodul (1) mit einem hermetisch verschlossenen, sich in einer Axialrichtung (R_{AX}) längserstreckenden Modulgehäuse (3) mit zumindest einem im Modulgehäuse (3) angeordneten Piezoaktor (2) und mit elektrischen Anschlüssen (6a, 6b) zumindest für den Piezoaktor (2), welche Anschlüsse (6a, 6b) durch eine Modulgehäusewandung (3w) geführt sind,
wobei ein Modulgehäuseinnenraum (3i) zwischen dem Piezoaktor (2) und der Modulgehäusewandung (3w) eine Vergussmasse (4) umfasst, welche die Modulgehäusewandung (3w) elektrisch vom Piezoaktor (2) isoliert und die wärmeleitend ausgebildet ist, insbesondere mit einem wärmeleitenden Hilfsstoff,
wobei die Modulgehäusewandung (3w) des Modulgehäuses (3) einen Wellenbalg (10, 20, 30, 40) mit einer Wellenkontur (10, 20, 30, 40) aufweist,
wobei zumindest ein Abschnitt (14, 34l, 34r, 44l, 44r) der Wellenkontur (10, 20, 30, 40) in Axialrichtung (R_{AX}) helixförmig ausgebildet ist.
2. Aktormodul nach Anspruch 1, wobei die Vergussmasse (4) eine Grundmasse (4a) und einen Hilfsstoff (4b) umfasst,
wobei vorzugsweise die Grundmasse (4a) ein ausgehärteter Stoff (4a) ist und der Hilfsstoff (4b) zumindest partikulär, wärmeleitend und dielektrisch ist,
wobei der Hilfsstoff (4b) so in der Vergussmasse (4) angeordnet ist, dass über die Vergussmasse (4), insbesondere über den Hilfsstoff (4b), eine Wärmeableitung vom Piezoaktor (2) zur Modulgehäusewandung (3w) im Betrieb erfolgt.
3. Aktormodul nach Anspruch 1 oder 2, wobei der helixförmige Abschnitt (14, 34l, 34r, 44l, 44r) in Axialrichtung (R_{AX}) jeweils in einem Abstand (a_{10} , a_{20} , a_{30} , a_{40}) von einer jeweiligen Stirnseite (11, 12) des Modulgehäuses (3) beginnt und sich von dort jeweils zumindest abschnittsweise zur anderen Stirnseite (12, 11), vorzugsweise bis mindestens zu einer Mitte des Wellenbalgs (10, 20, 30, 40), erstreckt.
4. Aktormodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Modulgehäusewandung (3w) des Modulgehäuses (3) in einem jeweiligen Endbereich nahe der jeweiligen Stirnseite (11, 12) jeweils endseitig angrenzend an den helixförmigen Abschnitt (14, 34l, 34r, 44l, 44r) ebene Abschnitte (21, 22, 41, 42) aufweist.

5. Aktormodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Modulgehäusewandung (3w) des Modulgehäuses (3) und/oder der Wellenbalg (20*) zumindest eine Modulgehäuserandaussparung (3a), vorzugsweise vier Modulgehäuserandaussparungen (3a), aufweist, wobei die zumindest eine Modulgehäuserandaussparung (3a) besonders bevorzugt einen konkaven Querschnitt aufweist.
6. Aktormodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Wellenbalg (30, 40) in einer Axialrichtung (R_{AX}) zumindest zwei gegenläufige helixförmige Abschnitte (34l, 34r, 44l, 44r) aufweist, wobei vorzugsweise zumindest zwei der helixförmigen Abschnitte (34l, 34r, 44l, 44r), besonders bevorzugt mit zueinander gegenläufiger Windungsrichtung ($WR_{AX, AZ}$), voneinander separiert sind.
7. Aktormodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zumindest zwei helixförmige Abschnitte (34l, 34r, 44l, 44r) voneinander durch einen ebenen Abschnitt (43) getrennt sind, welcher vorzugsweise in der Mitte des Wellenbalgs (40) angeordnet ist, von welchem sie sich jeweils in Axialrichtung (R_{AX}) zu den Stirnseiten (11, 12) erstrecken.
8. Aktormodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zumindest ein helixförmiger Abschnitt (14, 34l, 34r, 44l, 44r) des Wellenbalgs (10, 20, 30, 40) eine Steigung (19s) von mindestens 1 mm, vorzugsweise mindestens 5 mm, besonders bevorzugt mindestens 10 mm, und/oder höchstens 35 mm, vorzugsweise höchstens 20 mm, besonders bevorzugt höchstens 15 mm, aufweist.
9. Aktormodul nach einem der vorstehenden Ansprüche mit einem schlauchförmigen Überzieher (47), wobei der Überzieher (47) zumindest zwei Öffnungen aufweist.
10. Dosiersystem (50) für einen Dosierstoff (D) mit einer Düse (54) zur Abgabe von Dosierstoff (D), einem Zuführkanal (56) für Dosierstoff (D), einem Ausstoßelement (53a) und mindestens einem mit dem Ausstoßelement (53a) gekoppelten Aktormodul (1), wobei das Dosiersystem (50) ein Gehäuse (57) mit mindestens einer zylindrischen Aussparung (58, 58*) aufweist, in welcher bei einem Dosierbetrieb das Aktormodul (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 9, vorzugsweise passgenau, eingesetzt ist, wobei das Gehäuse (57) zur Kühlung eine Einlassöffnung ($58i_{ax}$, $58i_{rad}$) in die Aussparung (58, 58*) zum Einleiten eines Kühlmediums (M) in eine Rille (17) auf der Außenseite des

Wellenbalgs (10, 20, 30, 40) sowie zumindest eine Auslassöffnung (58_o_{rad}) aus der Aussparung (58, 58*) zum Ausleiten des Kühlmediums (M) aus einer Rille (17) aufweist.

11. Dosiersystem nach Anspruch 10, wobei die Aussparung (58) des Dosiersystems (50) zumindest eine radiale Einlassöffnung (58_i_{rad}) und/oder eine radiale Auslassöffnung (58_i_{rad}) aufweist, die sich bei einem im Dosiersystem (50) eingebauten Aktormodul (1) mit Modulgehäuse (3), vorzugsweise im Wesentlichen, auf einer Höhe (h_e) eines oberen Endabschnitts und/oder auf einer Höhe (h_r) eines unteren Endabschnitts des Modulgehäuses (3) befinden.

10

12. Dosiersystem nach einem der vorstehenden Ansprüche 10 oder 11, wobei zumindest eine der Wandungen (58w), welche die Aussparung (58, 58*) des Gehäuses (57) axial begrenzt, eine Einlassöffnung (58_i_{ax}) oder eine Auslassöffnung aufweist, oder wobei eine der Wandungen (58w) eine Einlassöffnung (58_i_{ax}) und die andere eine Auslassöffnung aufweist.

15

13. Dosiersystem nach einem der vorstehenden Ansprüche 10 bis 12, wobei die Aussparung (58) bei einem bestimmungsgemäß eingebauten Aktormodul (1) mittig zwischen den Stirnseiten (11, 12) des Modulgehäuses (3) in einer radialen Wandung (58w) eine Einlassöffnung (58_i_{rad}) zum Einleiten des Kühlmediums (M) aufweist.

20

14. Dosiersystem nach einem der vorstehenden Ansprüche 10 bis 13, wobei bei einem Dosiersystem (50) mit einer Übersetzungsmechanik (60), die in einer weiteren Aussparung (59) zwischen dem Piezoaktor (2) und dem Ausstoßelement (53a) angeordnet ist, eine Auslassöffnung (59o) im Bereich der Übersetzungsmechanik (60) und/oder des Ausstoßelements (53a) angeordnet ist,

25

und/oder

wobei zumindest eine Einlassöffnung (58_i_{ax}) an einem axialen Endbereich des Wellenbalgs (10, 20, 30, 40) zum Einleiten des Kühlmediums (M), vorzugsweise aus einer axialen Richtung (R_{ax}), ausgebildet ist.

30

15. Dosiersystem nach einem der vorstehenden Ansprüche 10 bis 14, wobei, vorzugsweise bei einem Dosiersystem (50) mit einer Einlassöffnung (58_i_{ax}) an einem Endbereich des Wellenbalgs (10, 20, 30, 40) endseitig des Piezoaktors (2), das Gehäuse (57) frontseitig des Piezoaktors (2) eine weitere, vorzugsweise sich quer dazu erstreckende, Aussparung (59) aufweist, in der ein Übersetzungshebel (63) angeordnet ist, der die Längsausdehnung des

35

Piezoaktors (2) über einen Hebelarm des Übersetzungshebels (63) auf das Ausstoßelement (53a) einer federnd gelagerten Stößelvorrichtung (53) überträgt, wobei die Auslassöffnung (59o) für das Kühlmedium (M) im Bereich der weiteren Aussparung (59) nahe der federnd gelagerten Stößelvorrichtung (53) angeordnet ist.