



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Düsenanordnung bzw. ein Verfahren zur Strangbildung für viskoelastische Massen gemäss dem Oberbegriff von Anspruch 1 bzw. dem Oberbegriff von Anspruch 17.

**[0002]** Düsenanordnungen zur Strangbildung für viskoelastische Massen, insbesondere Polymere, Teigmassen etc, sind an sich bekannt. In der Regel sind sie mit mehreren zueinander parallel angeordneten gleichartigen Düsenkanälen ausgestattet, die sich durch die Düse von jeweils einer Einlauföffnung zu jeweils einer Auslauföffnung erstrecken, wobei die jeweiligen Düsenkanäle jeweils entlang der axialen Förderrichtung der Masse einen Einlaufbereich am stromaufseitigen Ende des Düsenkanals und einen Auslaufbereich am stromabseitigen Ende des Düsenkanals aufweisen. Die Einlauföffnungen sind zueinander benachbart angeordnet.

**[0003]** Bei der Strangbildung viskoelastischer Materialien, wie z.B. Teigmassen, Polymere, werden diese Materialien umgeformt. Die Umformung erfordert aber ein Fliessen des Materials. An bestimmten Stellen kann das Material auch reißen. Aufgrund der elastischen Eigenschaften des viskoelastischen Materials treten bei Verformungen und bei der Rissbildung in einem derartigen viskoelastischen Material auch mechanische Materialspannungen auf, die sich in das umgeformte Material fortpflanzen. Dies kann dann nach der Umformung in dem umgeformten Material zu weiteren, scheinbar spontanen Verformungen führen. In diesem Zusammenhang redet man häufig von "Formgedächtnis", weil das aus der Umformvorrichtung austretende Material mit seinen mechanischen Materialspannungen den Eindruck erweckt, sich an eine vorherige Form zu "erinnern" und in diese zurückkehren will. Bei der Strangbildung von Teigwaren oder Polymeren mittels Düsenanordnungen kann dies zu einer Kräuselung der aus den einzelnen Düsenkanälen austretenden Stränge führen. Die Spannungen werden dabei einerseits bei der Aufteilung und Verteilung des Materials auf die verschiedenen Düsenkanäle und andererseits bei der Dehnung des Materials innerhalb der Düsenkanäle in das Material eingetragen. Die aufgrund der Aufteilung und Zerteilung des Materials in dem Material auftretenden Spannungen dürften aufgrund ihrer Asymmetrie bezüglich der gebildeten Stränge den grössten störenden Einfluss haben. Doch kann aufgrund der Materialspannungen und der dadurch vorhandenen Tendenz der Stränge zur Richtungsänderung in den Düsenkanälen auch eine asymmetrische Wandreibung auftreten, die diese Materialspannungen unter Umständen noch verstärkt. Wie dem auch sei, neigen derartige Stränge aus viskoelastischen Materialien bei ihrem Austritt aus der Düsenanordnung zu der erwähnten Kräuselung.

**[0004]** Ausserdem muss bei der Strangbildung aus viskoelastischen Materialien relativ viel Energie bzw. eine hohe Druckdifferenz an der Düsenanordnung aufgewendet werden, um das Material zu zerteilen, auf die formgebenden Düsenkanäle zu verteilen und schliesslich durch die formgebenden Düsenkanäle zu pressen, wobei das Material gedehnt wird. Mit anderen Worten haben die üblichen Düsenanordnungen zur Umformung viskoelastischer Materialien einen relativ hohen Düsenwiderstand für derartige Materialien. Besonders problematisch ist dies bei Teigmassen, da hier – im Gegensatz zu klassischen Polymeren wie Polyestern oder Kautschuk – nur begrenzt die Möglichkeit besteht, durch eine zumindest lokale, wenn auch vorwiegend nur auf die Oberfläche des Materials begrenzte Temperaturerhöhung in der Düsenanordnung deren Düsenwiderstand und die in das Material eingetragenen Spannungen zu verringern.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, derartige Materialspannungen in viskoelastischen Materialien bei deren Umformung zu Materialsträngen zu minimieren sowie den für die Strangbildung nötigen Energieaufwand bzw. die hierfür nötige Druckdifferenz, d.h. den Düsenwiderstand, zu senken.

**[0006]** Diese Aufgabe wird bei der eingangs beschriebenen Düsenanordnung erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass der Einlaufbereich der Düsenkanäle vom Innenbereich zur Einlauföffnung hin entgegengesetzt zur axialen Förderrichtung  $F$  entlang einer Länge  $L_E$  aufgeweitet ist, wobei der zwischen der axialen Förderrichtung und der Innenwand des Kanal-Einlaufbereichs gemessene Aufweitungswinkel der Einlauf-Aufweitung im Bereich von  $5^\circ$  bis  $45^\circ$ , vorzugsweise aber im Bereich von  $8^\circ$  bis  $25^\circ$  liegt.

**[0007]** So kann selbst bei relativ hohen Fördergeschwindigkeiten des Materials durch die Düsenanordnung eine "sanfte", d.h. für das viskoelastische Material ausreichend langsame Dehnung erreicht werden, dass also die Relaxationszeit des viskoelastischen Materials kleiner die Zeitdauer der Dehnung des Materials in der Einlauf-Aufweitung ist.

**[0008]** Fertigungstechnisch besonders einfach ist es dabei, wenn der Aufweitungswinkel vom Innenbereich zur Einlauföffnung konstant ist, d.h., wenn eine konusartige Einlauf-Aufweitung vorliegt.

**[0009]** Zweckmässigerweise ist die Düsenanordnung so ausgebildet, dass der Düsenkanal entlang seiner gesamten Länge einen kreisförmigen Querschnitt hat. Damit herrschen überall gleiche Randbedingungen an den Wänden, was zu einer einheitlichen, möglichst symmetrischen Dehnung führt.

**[0010]** Eine kompakte Bauweise der Düsenanordnung zeichnet sich dadurch aus, dass die axiale Länge des Kanal-Einlaufbereichs zwischen 50% und 80% der Gesamtlänge des Düsenkanals beträgt.

**[0011]** Die Innenwände des Düsenkanals bestehen zumindest in Teilbereichen aus Teflon oder ähnlichem Material, um das Anhaften des viskoelastischen Materials an den Innenwänden und die Gleitreibung daran zu minimieren.

**[0012]** Bei einer besonders vorteilhaften Ausführung ist am stromaufseitigen Ende des Düsenkörpers jeweils zwischen zwei benachbarten Einlauföffnungen eine parallel zur axialen Förderrichtung  $F$  verlaufende Trennwand angeordnet, die an ihrem stromaufseitigen Ende eine Schneidkante aufweist. Wenn ein viskoelastisches Material, wie z.B. ein Polymermaterial oder eine Teigmasse, etc, auf die erfindungsgemässe Düsenanordnung auftrifft, wird somit der in dem Gehäuse entlang der Förderrichtung  $F$  herangeführte Produktstrom in mehrere Teilströme aufgeteilt, von denen jeweils einer durch einen der mehreren Düsenkanäle strömt. Durch die scharfen Schneidkanten wird der an die Düsenanordnung herangeführte Produktstrom schon seinem Eintritt in die mehreren Düsenkanäle in mehrere Teilströme zerschnitten. Da jede der Schneidkanten nur eine sehr kleine Angriffsfläche für das Produkt darstellt, wirkt an der Schneidkante lokal eine sehr grosse Kraft auf das auftreffende viskoelastische Produkt ein. Entlang der Schneidkanten entsteht somit eine lokal konzentrierte Scherkraft, welche das Produkt zerteilt. Bevor aber das an die Schneidkanten herangeführte viskoelastische Produkt an den Schneidkanten abreisst, verformt es sich bis zum Erreichen seiner Bruchspannung und seiner Bruchdehnung, wobei in dem viskoelastischen Material potentielle Energie gespeichert wird, die an die mehreren Teilströme weitergegeben wird. Insgesamt sind aber die bei der Zerteilung und der Verteilung des viskoelastischen Materials mittels Schneidkanten auf die mehreren Düsenkanäle in das Material eingetragenen Spannungen deutlich geringer als bei einer herkömmlichen Düsenanordnung ohne scharfe Schneidkanten, so dass schon beim Verteilen des an die erfindungsgemässe Düsenanordnung herangeführten viskoelastischen Materials auf mehrer Teilstränge viel weniger Inhalt in das Formgedächtnis des viskoelastischen Materials gelangt, wodurch die Verformungsneigung der Produktstränge (Kräuselung, etc) beim Austritt aus den Düsenkanälen sowie der Düsenwiderstand wesentlich verringert wird. Besonders ausgeprägt sind diese positiven Auswirkungen bei Teigwaren-Düsenanordnungen.

**[0013]** Vorzugsweise ist der stromaufseitig vom Einlaufbereich jeder der benachbarten Einlauföffnungen angeordnete Bereich vollständig von sich parallel zur axialen Förderrichtung erstreckenden Trennwänden

umgeben, deren stromaufseitiges Ende jeweils als Schneidkante ausgebildet ist. Dadurch wird das in die jeweiligen Düsenkanäle eintretende Material praktisch überall geschnitten, wo es noch zerteilt werden muss, so dass äusserst wenig Spannungen in das Material eingetragen werden.

**[0014]** Die Schneidkanten können einen von  $90^\circ$  verschiedenen Winkel zur axialen Förderrichtung des Materials bilden. Sie können z.B. schräg mit einem Winkel von etwa  $30$  bis  $60^\circ$  zur Förderrichtung des Materials verlaufen. Ein spitzer Winkel wird jedoch bevorzugt. Je spitzer nämlich der Winkel zur Förderrichtung ist, desto grösser ist die entlang der Förderrichtung gemessene Länge  $L_S$  des Bereichs, in dem das Schneiden des Materials in radialer Richtung senkrecht zur Förderrichtung, z.B. von radial aussen nach radial innen, erfolgt. Die radial aussen strömenden Bereiche des Materials werden dann z.B. zuerst geschnitten, während die radial innen strömenden Bereich des Materials später geschnitten werden. Dann haben aber die radial äusseren Bereiche schon Zeit gehabt, ihre beim Schneiden ins Material eingetragenen Spannungen abzubauen. Durch den Schneidvorgang werden somit insgesamt nochmals weniger Spannungen in das auf die Düsenkanäle verteilte Material eingetragen als dies bei rechtwinklig zur Strömungsrichtung verlaufenden Schneidkanten (einfaches "Ausstecher"-Prinzip) der Fall wäre.

**[0015]** Vorteilhafterweise ist der Auslaufbereich vom Düsenkanal-Innenbereich zur Auslauföffnung hin über eine Länge  $L_A$  entlang der axialen Förderrichtung  $F$  glockenartig aufgeweitet, wobei vorzugsweise der zwischen der axialen Förderrichtung und der Innenwand des Kanal-Auslaufbereichs gemessene Aufweitungswinkel der Auslauf-Aufweitung entlang der axialen Förderrichtung stetig zunimmt. Insbesondere kann die Zunahme des Aufweitungswinkels entlang der axialen Förderrichtung stetig zunehmen, wobei z.B. der Aufweitungswinkel von  $0^\circ$  im Innern der Düse bis auf  $90^\circ$  am stromabseitigen Ende des Düsenkörpers zunimmt. Hierbei kann die Aufweitung im Längsschnitt z.B. einem Kreisbogen folgen, dessen Krümmungsradius  $R_A$  grösser als der Radius  $R_K$  des Düsenkanal-Innenbereichs ist. Dieser gekrümmt aufgeweitete Auslaufbereich ersetzt die Kante herkömmlicher Auslauföffnungen durch einen gekrümmten kontinuierlichen Übergang von einer vertikalen Tangente im Innenbereich des Düsenkanals zu einer gegenüber der Vertikalen schräg verlaufenden, im Extremfall horizontalen, Tangente am stromabseitigen Ende des Auslaufbereichs.

**[0016]** Wenn ein viskoelastisches Material, wie z.B. ein Polymermaterial oder eine Teigmasse, etc, auf den Düsenkanal der erfindungsgemässen Düsenanordnung auftrifft, wird der in mehrere Teilströme aufgeteilte Produktstrom durch die mehreren Düsenkanäle gepresst. In dem Material treten beim Eintritt in

den Düsenkanal und während der Umformung im Einlaufbereich Spannungen auf. Während des Schneidens an den Schneidkanten und/oder während eines Dehnens in den Düsenkanälen aufgebaute und noch nicht relaxierte Spannungen in dem Material werden dann in dem sich aufweitenden Auslaufbereich praktisch vollständig relaxiert. Somit verlassen bei dieser Düsengeometrie die mehreren kleinen Produktstränge praktisch spannungsfrei die jeweiligen Düsenkanäle. Der aufgeweitete Auslaufbereich ermöglicht eine Relaxation des Produktes sowohl in axialer als auch in radialer Richtung. Dadurch werden Riffelungen ("Haifischhaut") der Oberfläche der aus den Düsenkanälen austretenden viskoelastischen Produktstränge vermieden.

**[0017]** Bei einer speziellen Ausführung kann die Düsenkanal-Innenwand im Auslaufbereich über eine Länge  $L_R$  entlang der axialen Förderrichtung eine höhere Oberflächen-Rauhigkeit als der Rest der Düsenkanal-Innenwand aufweisen. Dadurch lässt sich die Oberfläche des Produktes durch die Wahl der Rauhigkeit und/oder des Materials des aufgerauhten Bereichs gezielt beeinflussen.

**[0018]** Bei dem Verfahren zur Strangbildung für die genannten viskoelastische Massen, insbesondere Polymere, Teigmassen etc, unter Verwendung der oben beschriebenen Düsenanordnung wird die viskoelastische Masse mittels eines Druckgefälles  $\Delta p$  zwischen dem stromaufseitigen Ende und dem stromabseitigen Ende der Düsenanordnung durch diese hindurchgepresst. Erfindungsgemäss wird dabei das Druckgefälle  $\Delta p$  derart gewählt, dass die Strömungsgeschwindigkeit  $v_F$  der viskoelastischen Masse entlang der Förderrichtung  $F$  in einem jeweiligen axialen Teilbereich der Düsenanordnung, in dem zumindest ein Teil der für die Strangbildung erforderlichen Material-Umformung stattfindet, die Bedingung  $v_F < L/T_{RELAX}$  erfüllt, wobei  $T_{RELAX}$  die Relaxationszeit der viskoelastischen Masse und  $L$  ( $= L_S, L_E, L_A$ ) die axiale Länge des jeweiligen axialen Teilbereichs der Düsenanordnung ist.

**[0019]** Dadurch wird gewährleistet, dass in den zur Strangbildung notwendigen einzelnen Umformungsschritten des viskoelastischen Materials, wie z.B. dem Schneiden entlang einer Länge  $L_S$  an den Schneidkanten, dem Dehnen entlang einer Länge  $L_E$  der Einlauf-Aufweitung und dem endgültigen Relaxieren entlang der Länge  $L_A$  der Auslauf-Aufweitung, dem Material immer genug Zeit zum Relaxieren bleibt, so dass das Material bei seinem Austritt am Ende der erfindungsgemässen Düsenanordnung praktisch keine Spannungen mehr aufweist.

**[0020]** Um den weiter oben erwähnten aufgerauhten axialen Teilbereich optimal zu nutzen, wird bei dem erfindungsgemässen Verfahren die Strömungsgeschwindigkeit  $v_F$  der viskoelastischen Masse ent-

lang der Förderrichtung  $F$  mit der Länge  $L_R$  des aufgerauhten axialen Teilbereichs der Düsenanordnung derart abgestimmt, dass die Bedingung  $v_F > L_R/T_{RELAX}$  erfüllt ist, wobei  $T_{RELAX}$  die Relaxationszeit der viskoelastischen Masse und  $L_R$  die axiale Länge des aufgerauhten Teilbereichs ist. Dadurch lässt sich, wie schon weiter oben erwähnt, die Oberfläche des Produktes durch die Wahl der Rauhigkeit und/oder des Materials des aufgerauhten Bereichs gezielt beeinflussen.

**[0021]** Die axiale Länge  $L_R$  des rauhen Bereichs ist also vorzugsweise kleiner als die axiale Länge  $L_A$  der Auslauf-Aufweitung, kleiner als die axiale Länge  $L_E$  der Einlauf-Aufweitung und kleiner als die axiale Länge  $L_S$  der Schneidkanten.

**[0022]** Es ist jedoch auch vorteilhaft, über grössere axiale Teilbereiche der Düsenkanäle mehrere aufeinanderfolgende aufgerauhte Bereiche vorzusehen, die jeweils die Bedingung  $v_F > L_R/T_{RELAX}$  erfüllen. Auf diese Weise kann das Wechselspiel von Wandhaftung und Wandgleitung (Haft/Gleit-Effekt) beeinflusst werden. So lassen sich durch die Periodizität bzw. durch die räumliche Frequenz der rauhen axialen Wandabschnitte der Länge  $L_R$  sowie durch die Strömungsgeschwindigkeit mehr Wandabrisse pro Zeiteinheit gezielt auslösen, d.h. es wird "künstlich" durch die abwechselnden relativ rauhen und relativ glatten Wandabschnitte ein höherfrequenter Haft/Gleit-Effekt erzwungen. Dies hat den Vorteil, dass sich keine so hohen Materialspannungen aufbauen können und somit kleinere oder gar keine Risse am Produkt auftreten.

**[0023]** Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nun folgenden Beschreibung nicht einschränkend aufzufassender bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung, wobei:

**[0024]** Fig. 1 eine Schnittansicht durch eine erfindungsgemässe Düsenanordnung entlang der axialen Produkt-Förderrichtung  $F$  ist;

**[0025]** Fig. 2 eine Draufsicht auf die erfindungsgemässe Düsenanordnung von Fig. 1 entlang der Produkt-Förderrichtung  $F$  ist;

**[0026]** Fig. 3 eine Schnittansicht durch einen erfindungsgemässen Düsenkanal entlang der axialen Produkt-Förderrichtung  $F$  ist;

**[0027]** Fig. 4 eine Schnittansicht durch einen weiteren erfindungsgemässen Düsenkanal entlang der axialen Produkt-Förderrichtung  $F$  ist;

**[0028]** Fig. 5 eine Schnittansicht durch einen Düsenkanal des Stands der Technik entlang der axialen Produkt-Förderrichtung  $F$  ist; und

**[0029]** Fig. 6 eine Schnittansicht durch einen weiteren Düsenkanal des Stands der Technik entlang der axialen Produkt-Förderrichtung F ist.

**[0030]** Fig. 1 ist eine Schnittansicht durch eine speziell für Teig zur Nudelherstellung ausgelegte erfindungsgemässe Düsenanordnung 1 entlang der axialen Produkt-Förderrichtung F. Die insgesamt vier Düsenkanäle 2 aufweisende Düsenanordnung 1 (siehe Fig. 2) ist in einem zylindrischen Gehäuse 7 untergebracht. Eine Einlauföffnung 3 befindet sich am stromaufseitigen Ende jedes Düsenkanals 2, und eine Auslauföffnung 4 befindet sich am stromabseitigen Ende jedes Düsenkanals 2. Der sich an die Einlauföffnung 3 anschliessende Einlaufbereich 2a jedes Düsenkanals 2 ist konusartig aufgeweitet, während der Auslaufbereich 2c zylindrisch ausgebildet ist. Der Aufweitungswinkel  $\alpha$  (siehe Fig. 3) beträgt etwa 10–20°. Am stromaufseitigen Ende der Düsenanordnung 1 befinden sich vier Trennwände 5 (siehe Fig. 2), die parallel zur axialen Förderrichtung F verlaufen und den Bereich stromauf von den Einlauföffnungen 3 in vier Teilbereiche unterteilen, die sich jeweils stromauf von einer Einlauföffnung 3 befinden. Die entgegengesetzt zur axialen Förderrichtung F weisenden Kanten der Trennwände 5 sind jeweils als schräg verlaufende Schneidkante 5a ausgebildet, die sich von der Innenwand des Gehäuses 7 sowohl radial einwärts als auch in der Förderrichtung F erstreckt.

**[0031]** Fig. 2 ist eine Draufsicht auf die erfindungsgemässe Düsenanordnung 1 von Fig. 1 entlang der Produkt-Förderrichtung F (siehe Fig. 1). Man erkennt die vier Düsenkanäle 2 mit ihrem jeweiligen konusartig aufgeweiteten Einlaufbereich 2a sowie die sich von dem zylindrischen Gehäuse 7 radial nach innen erstreckenden Trennwände 5, die den Bereich oberhalb der Düsenanordnung 1 in vier Teilbereiche unterteilt. Die vier scharfen Schneidkanten 5a erstrecken sich schräg entgegengesetzt zur Förderrichtung F.

**[0032]** Wenn nun, wie in Fig. 1 mit dem Strömungsprofil  $V(r)$  schematisch angedeutet, ein viskoelastisches Material, wie z.B. ein Polymermaterial oder eine Teigmasse, etc, auf die erfindungsgemässe Düsenanordnung 1 auftrifft, wird der in dem Gehäuse 7 entlang der Förderrichtung F herangeführte Produktstrom in vier Teilströme aufgeteilt, von denen jeweils einer durch einen der vier Düsenkanäle 2 strömt. Durch die scharfen Schneidkanten 5a wird der an die Düsenanordnung 1 herangeführte Produktstrom schon vor dem Eintritt in die vier Düsenkanäle 2 in vier Teilströme zerschnitten. Da jede der Schneidkanten 5a nur eine sehr kleine Angriffsfläche an das Produkt entgegengesetzt zur Förderrichtung F darstellt, wirkt an der Schneidkante 5a lokal eine sehr grosse Kraft auf das auf die Schneidkante 5a auftreffende viskoelastische Produkt ein. Entlang der Schneidkanten 5a entsteht eine lokal konzentrierte

Scherkraft, welche das Produkt zerteilt. Bevor aber das an die Schneidkanten 5a herangeführte viskoelastische Produkt an der Schneidkante abreisst, verformt es sich bis zum Erreichen seiner Bruchspannung, wobei in dem viskoelastischen Material potentielle Energie gespeichert wird, die an die vier Teilströme weitergegeben wird und in diesen vier Teilströmen zu einer partiellen Relaxation führt, bevor eine weitere Verformung bzw. Umformung des viskoelastischen Materials in den vier Produkt-Teilströmen stattfindet, wenn das Material in die jeweiligen Düsenkanäle 2 eintritt. Auch hier treten in dem Material beim Eintritt in die Düsenkanäle 2 und während der Umformung in den jeweiligen Einlaufbereichen 2a Spannungen auf. Diese sind jedoch geringer als an den Schneidkanten 5a und führen zu keinem Produkt-Abriß.

**[0033]** Gegenüber herkömmlichen Düsenanordnungen ohne Schneidkanten und ohne konusartige Aufweitung mit einem erfindungsgemässen Aufweitungswinkel von etwa 10–20° verringert die erfindungsgemässe Auslegung der Schneidkanten 5a der Trennwände 5 und der Einlaufbereiche 2a der Düsenkanäle 2 das Ausmass der in dem durch die erfindungsgemässe Düsenanordnung 1 beförderten und in ihr umgeformten Material entstehenden Spannungen sowie den Strömungswiderstand der Düsenanordnung 1.

**[0034]** Bei der erfindungsgemässen Düsenanordnung 1 erfolgt nämlich die mit einem Aufbau von Materialspannungen verbundene Umformung von einem grossen in vier kleine Produktstränge im wesentlichen in zwei Schritten. In einem ersten Schritt wird der grosse Produktstrang an den Schneidkanten 5a in vier kleine Teilstränge zerschnitten. In einem zweiten Schritt werden die vier Teilstränge dann in den konischen Einlaufbereichen 2a gedehnt. Sofort nach dem ersten Schritt (Schneiden an den Schneidkanten 5a) und noch vor dem zweiten Schritt (Dehnen in dem Einlaufbereich 2a) erfolgt eine zumindest partielle Relaxation (Spannungsabbau, Abbau potentieller Energie) in dem Material während es an den Trennwänden 5 entlanggleitet. Wenn das Produkt dann in den konischen Einlaufbereichen 2a gedehnt wird, bauen sich ebenfalls Materialspannungen auf, woraufhin in den sich anschliessenden zylindrischen Auslaufbereichen 2c wiederum eine zumindest partielle Relaxation erfolgt. Somit verlässt das in vier kleine Produktstränge aufgeteilte viskoelastische Material praktisch spannungsfrei die Auslauföffnungen 4 der Düsenkanäle 2, so dass es zu keinen nennenswerten Verformungen (z.B. Kräuselungen) der vier austretenden Produktstränge kommt. Da aufgrund der Schneidkanten ein Produkt-Abriß schon bei viel geringeren Produkt-Schubkräften erfolgt, wird auch der Strömungswiderstand der erfindungsgemässen Düsenanordnung 1 deutlich verringert.

**[0035]** Die erfindungsgemässe Düsenanordnung **1** ermöglicht somit den Betrieb mit einer gegenüber herkömmlichen Düsenanordnungen geringeren Druckdifferenz, d.h. einem geringeren Druckgefälle im Produkt entlang der Düsenanordnung **1** und mit einer praktisch vollständigen "Löschung" des Formgedächtnisses bei den austretenden Teilsträngen des Produktes.

**[0036]** Fig. 3 ist eine Schnittansicht durch einen ebenfalls speziell für Teig zur Nudelherstellung ausgelegten erfindungsgemässen Düsenkanal **2** entlang der axialen Produkt-Förderrichtung **F**. Dieser Düsenkanal **2** kann als Ersatz für die in Fig. 1 gezeigten Düsenkanäle **2** verwendet werden. Anstelle des zylindrischen Auslaufbereichs **2c** des Düsenkanals **2** der Fig. 1 schliesst sich hier stromabseitig von dem Einlaufbereich **2a** zunächst ein relativ kurzer zylindrischer Innenbereich **2b** und dann ein glockenartig aufgeweiteter Auslaufbereich **2c** an. Dieser Auslaufbereich **2c** ersetzt die Kante der Auslauföffnung **4** (siehe Fig. 1) durch einen gekrümmten kontinuierlichen Übergang von einer vertikalen Tangente im Innenbereich **2b** des Düsenkanals **2** zu einer horizontalen Tangente am stromabseitigen Ende des Auslaufbereichs **2c**. Der Krümmungsradius  $R_A$  der Auslauf-Aufweitung nimmt zur Auslauföffnung **4** hin kontinuierlich ab, d.h., es liegt eine glockenartige Aufweitung mit zur Auslauföffnung **4** abnehmender Krümmung vor.

**[0037]** Wenn nun, wie in Fig. 1 beschrieben, ein viskoelastisches Material, wie z.B. ein Polymermaterial oder eine Teigmasse, etc, auf den Düsenkanal **2** der erfindungsgemässen Düsenanordnung **1** auftrifft, wird der in vier Teilströme aufgeteilte Produktstrom durch die vier Düsenkanäle **2** gepresst (siehe Fig. 1 und 2). Wie in Fig. 1 treten auch hier in dem Material beim Eintritt in den Düsenkanal **2** und während der Umformung im Einlaufbereich **2a** Spannungen auf. Während des ersten Schritts (Schneiden an den Schneidkanten **5a**) und/oder während des zweiten Schritts (Dehnen in dem Einlaufbereich **2a**) aufgebaut und noch nicht relaxierte Spannungen in dem Material werden auch hier in dem sich aufweitenden Auslaufbereich **2c** praktisch vollständig relaxiert. Somit verlassen auch bei dieser Düsengeometrie die vier kleinen Produktstränge praktisch spannungsfrei die Düsenkanäle **2**. Ein besonderer Vorteil des aufgeweiteten Auslaufbereichs **2c** besteht aber nun darin, dass er eine Relaxation des Produktes sowohl in axialer als auch in radialer Richtung ermöglicht. Dadurch lassen sich Riffelungen ("Haifischhaut") der Oberfläche der aus den Düsenkanälen **2** austretenden viskoelastischen Produktstränge vermeiden, wie sie bei einer scharfkantigen Auslauföffnung **4** an einem zylindrischen Auslaufbereich **2c** (siehe Fig. 1) praktisch immer auftreten.

**[0038]** Die axiale Länge der in Fig. 1 und in Fig. 3 dargestellten Relaxationsbereiche, die im wesentli-

chen durch die axiale Länge  $L_S$  der Schneidkante **5a** sowie durch die axiale Länge  $L_A$  des Auslaufbereichs **2c** gebildet werden und die maximale Strömungsgeschwindigkeit  $v_F$  der viskoelastischen Masse entlang der Produkt-Förderrichtung **F** werden vorzugsweise derart an die Relaxationszeit  $T_{RELAX}$  des Produktmaterials angepasst, dass das Material beim Durchlaufen der jeweiligen Relaxationsbereiche genügend Zeit hat, um die in ihm zuvor aufgebauten Spannungen abzubauen, d.h.  $v_F \times T_{RELAX} < L_S$  oder  $v_F \times T_{RELAX} < L_A$ .

**[0039]** Wenn die Düsenkanäle **2** mit dem konischen Einlaufbereich **2a** und dem glockenartigen Auslaufbereich **2c** der Fig. 3 in der mit Schneidkanten **5a** ausgestatteten Düsenanordnung **1** verwendet werden, ermöglicht dies nicht nur ein geringeres Druckgefälle im Produkt entlang der Düsenanordnung **1** und eine praktisch vollständige "Löschung" des Volumen-Formgedächtnisses bei den austretenden Teilsträngen des Produktes, sondern auch eine "Löschung" des Oberflächen-Formgedächtnisses dieser Produktstränge.

**[0040]** Ein weiterer Vorteil des glockenartigen Auslaufbereichs **2c** der Düsenkanäle besteht darin, dass er einen sanften Übergang von der im Innern der Düsenkanäle **2** vorliegenden Strömung mit parabelförmigem Geschwindigkeitsprofil zu der ausserhalb der Düsenkanäle **2** vorliegenden "Strömung" mit konstantem Geschwindigkeitsprofil, d.h. dem bewegten Strang ermöglicht. Somit kann einer Rissbildung an der Oberfläche der aus den Düsenkanälen **2** austretenden Stränge vorgebeugt werden.

**[0041]** Fig. 4 ist eine Schnittansicht durch einen weiteren ebenfalls speziell für Teig zur Nudelherstellung ausgelegten erfindungsgemässen Düsenkanal **2** entlang der axialen Produkt-Förderrichtung **F**. Der sich an die Einlauföffnung **3** anschliessende Einlaufbereich **2a** des Düsenkanals **2** ist glockenartig aufgeweitet, während der Auslaufbereich **2c** zylindrisch ausgebildet ist. Der Krümmungsradius  $R_E$  der Einlauf-Aufweitung ist an der Einlauföffnung **3** am kleinsten und nimmt mit zunehmender Eindringtiefe entlang des Düsenkanals **2** zu, um tangential in den zylindrischen Auslaufbereich **2c** überzugehen.

**[0042]** Ähnlich wie der glockenartige Auslaufbereich trägt der glockenartig aufgeweitete Einlaufbereich **2a** zu einer schonenden Behandlung des Produktes bei. Abrupte Geschwindigkeitsänderungen, die meist zu Rissen im Produkt führen, werden vermieden durch die schonende Beschleunigung des Produktes in dem glockenartig aufgeweiteten Einlaufbereich **2a**, so dass auch hier ein sanfter Übergang von einer Strömung mit konstantem Geschwindigkeitsprofil stromauf von den Düsenkanälen **2** zu einer Strömung mit parabelförmigem Geschwindigkeitsprofil im Innern der Düsenkanäle **2** erfolgt.

**[0043]** Fig. 5 ist eine Schnittansicht durch einen Düsenkanal **2** des Stands der Technik entlang der axialen Produkt-Förderrichtung F. Der Düsenkanal ist von seiner Einlauföffnung **3** bis zu seiner Auslauföffnung **4** als Zylinder mit konstantem Radius  $R_K$  ausgebildet.

**[0044]** Fig. 6 ist eine Schnittansicht durch einen weiteren Düsenkanal **2** des Stands der Technik entlang der axialen Produkt-Förderrichtung F. Der Einlaufbereich **2a** weist einen gegenüber der Erfindung viel grösseren Aufweitungswinkel  $\alpha$  auf und hat eine wesentlich kürzere Länge  $L_E$  als bei der Erfindung.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Düsenanordnung
<b>2</b>	Düsenkanal
<b>2a</b>	Einlaufbereich des Düsenkanals
<b>2b</b>	Innenbereich des Düsenkanals
<b>2c</b>	Auslaufbereich des Düsenkanals
<b>3</b>	Einlauföffnung des Düsenkanals
<b>4</b>	Auslauföffnung des Düsenkanals
<b>5</b>	Trennwand
<b>5a</b>	Schneidkante
<b>7</b>	Gehäuse
<b>F</b>	Förderrichtung
$L_S$	axiale Ausdehnung der Schneidkante
$L_E$	axiale Ausdehnung der Einlauf-Aufweitung
$L_A$	axiale Ausdehnung der Auslauf-Aufweitung
$R_K$	Krümmungsradius des Düsenkanal-Querschnitts
$R_E$	Krümmungsradius der Einlauf-Aufweitung
$R_A$	Krümmungsradius der Auslauf-Aufweitung
$v_F$	Strömungsgeschwindigkeit des viskoelastischen Materials
$\alpha$	Aufweitungswinkel

#### Patentansprüche

1. Düsenanordnung zur Strangbildung für viskoelastische Massen, insbesondere Polymere, Teigmassen etc, mit mindestens einem sich durch die Düse von einer Einlauföffnung zu einer Auslauföffnung erstreckenden Düsenkanal, der entlang der axialen Förderrichtung der Masse durch die Düse einen Einlaufbereich am stromaufseitigen Ende des Düsenkanals, einen Innenbereich im Innern der Düse und einen Auslaufbereich am stromabseitigen Ende des Düsenkanals aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einlaufbereich vom Innenbereich zur Einlauföffnung hin entgegengesetzt zur axialen Förderrichtung F entlang einer Länge  $L_E$  aufgeweitet ist, wobei der zwischen der axialen Förderrichtung und der Innenwand des Kanal-Einlaufbereichs gemessene Aufweitungswinkel der Einlauf-Aufweitung zumindest in axialen Teilbereichen im Bereich von  $5^\circ$  bis  $45^\circ$ , insbesondere im Bereich von  $8^\circ$  bis  $25^\circ$  liegt.

2. Düsenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufweitungswinkel vom In-

nenbereich zur Einlauföffnung konstant ist.

3. Düsenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Düsenkanal entlang seiner gesamten Länge einen kreisförmigen Querschnitt hat.

4. Düsenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Länge des Kanal-Einlaufbereichs zwischen 50% und 80% der Gesamtlänge des Düsenkanals beträgt.

5. Düsenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwände des Düsenkanals zumindest in Teilbereichen aus Teflon bestehen.

6. Düsenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie mehrere zueinander parallel angeordnete gleichartige Düsenkanäle mit zueinander benachbarten Einlauföffnungen aufweist und dass am stromaufseitigen Ende des Düsenkörpers jeweils zwischen zwei benachbarten Einlauföffnungen eine parallel zur axialen Förderrichtung F verlaufende Trennwand angeordnet ist, die an ihrem stromaufseitigen Ende eine Schneidkante aufweist.

7. Düsenanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der stromaufseitig vom Einlaufbereich jeder der benachbarten Einlauföffnungen angeordnete Bereich vollständig von sich parallel zur axialen Förderrichtung erstreckenden Trennwänden umgeben ist, deren stromaufseitiges Ende jeweils als eine Schneidkante ausgebildet ist.

8. Düsenanordnung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneidkanten einen von  $90^\circ$  verschiedenen Winkel zur axialen Förderrichtung F bilden.

9. Düsenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Auslaufbereich vom Düsenkanal-Innenbereich zur Auslauföffnung hin über eine Länge  $L_A$  entlang der axialen Förderrichtung F, insbesondere glockenartig, aufgeweitet ist.

10. Düsenanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der zwischen der axialen Förderrichtung und der Innenwand des Kanal-Auslaufbereichs gemessene Aufweitungswinkel der Auslauf-Aufweitung entlang der axialen Förderrichtung stetig zunimmt.

11. Düsenanordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Zunahme des Aufweitungswinkels entlang der axialen Förderrichtung stetig zunimmt.

12. Düsenanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufweitungswinkel von  $0^\circ$  im Innern der Düse bis auf  $90^\circ$  am stromabseitigen Ende des Düsenkörpers zunimmt.

13. Düsenanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufweitung im Längsschnitt einem Kreisbogen folgt.

14. Düsenanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Krümmungsradius  $R_A$  des Kreisbogens der Aufweitung grösser als der Radius  $R_K$  des Düsenkanal-Innenbereichs ist.

15. Düsenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenkanal-Innenwand im Auslaufbereich über eine Länge  $L_R$  entlang der axialen Förderrichtung eine höhere Oberflächen-Rauhigkeit als der Rest der Düsenkanal-Innenwand aufweist.

16. Düsenanordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Länge  $L_R$  des rauhen Bereichs kleiner als die axiale Länge  $L_A$  des Auslaufs und kleiner als die axiale Länge  $L_E$  des Einlaufs ist.

17. Verfahren zur Strangbildung für viskoelastische Massen, insbesondere Polymere, Teigmassen etc, unter Verwendung einer Düsenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem die viskoelastische Masse mittels eines Druckgefälles  $\Delta p$  zwischen dem stromaufseitigen Ende und dem stromabseitigen Ende der Düsenanordnung durch diese hindurchgepresst wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckgefälle  $\Delta p$  derart gewählt wird, dass die Strömungsgeschwindigkeit  $v_F$  der viskoelastischen Masse entlang der Förderrichtung  $F$  im Innenbereich eines Düsenkanals die Bedingung  $v_F < L_A/T_{RELAX}$  erfüllt, wobei  $T_{RELAX}$  die Relaxationszeit der viskoelastischen Masse und  $L_A$  die axiale Länge der Auslauf-Aufweitung ist.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsgeschwindigkeit  $v_F$  der viskoelastischen Masse entlang der Förderrichtung  $F$  im Innenbereich eines Düsenkanals die Bedingung  $v_F > L_R/T_{RELAX}$  erfüllt, wobei  $T_{RELAX}$  die Relaxationszeit der viskoelastischen Masse und  $L_R$  die axiale Länge des rauhen Bereichs ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



