



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 105 538.4**
(22) Anmeldetag: **10.04.2015**
(43) Offenlegungstag: **13.10.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.12.2016**

(51) Int Cl.: **B29C 49/04 (2006.01)**
B29C 47/22 (2006.01)
B29C 47/92 (2006.01)
B29C 49/78 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Feuerherm, Harald, Dipl.-Ing., 53840 Troisdorf, DE

(74) Vertreter:
**Andrejewski - Honke Patent- und Rechtsanwälte
GbR, 45127 Essen, DE**

(72) Erfinder:
**Feuerherm, Harald, Dipl.-Ing., 53840 Troisdorf,
DE; Kappen, Günther, Dipl.-Ing., 53840 Troisdorf,
DE; Deckwerth, Horst, 53840 Troisdorf, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

EP	0 885 711	A1
EP	0 945 245	A1

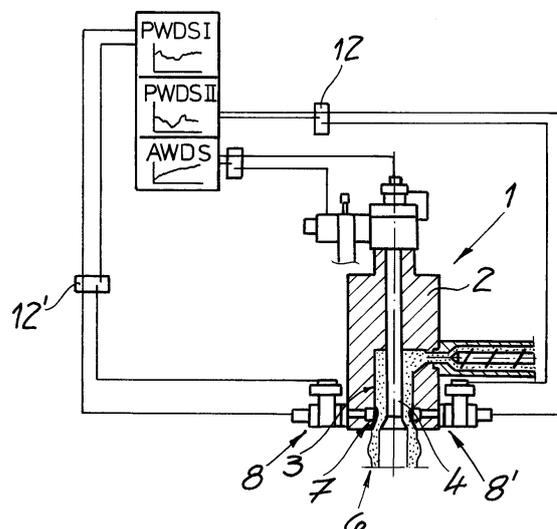
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Extrusion von Vorformlingen, die durch Blasformen zu Kunststoffhohlkörpern aufgeweitet werden**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Extrusion von Vorformlingen, die an der Unterseite eines Extrusionswerkzeuges (1) aus einem ringförmigen Düsenpalt (5) des Extrusionswerkzeuges vertikal austreten und durch Blasformen zu Kunststoffhohlkörpern aufgeweitet werden, wobei die Geometrie des Düsenpalt (5) während der Extrusion der Vorformlinge verändert wird, wobei zur Veränderung der Düsenpaltgeometrie zumindest eine elastisch deformierbare Hülse (7) verwendet wird, die innerhalb des Extrusionswerkzeuges (1) horizontal verstellbar angeordnet ist und eine innere Umfangsfläche oder eine äußere Umfangsfläche des Ringspalt (5) bildet, wobei zur horizontalen Verstellung und zur elastischen Verformung der Hülse (7) zumindest zwei programmgesteuerte Stellantriebe (8, 8') verwendet werden, die an Kraftangriffspunkten (9, 9'), welche um 180° versetzt sind, auf den Umfang der elastischen Hülse (7) wirken und wobei die Hülse (7) durch gleichgerichtete Bewegungen der Kraftangriffspunkte (9, 9') horizontal verstellbar wird und durch entgegengerichtete und/oder im Betrag unterschiedliche Bewegungen der Kraftangriffspunkte (9, 9') elastisch verformt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellwege der Stellantriebe (8, 8') unter Verwendung einer synchron mit der Extrusion der Vorformlinge ablaufenden Programmsteuerung (13) gesteuert werden, welche die Bewegungen der Kraftangriffspunkte (9, 9') durch Superposition von zwei Bewegungskomponenten (14, 15) bestimmt,

– wobei die erste Bewegungskomponente (14) eine symmetrische Deformation der Hülse (7) ermöglicht und aus gegensinnigen und dem Betrag nach gleichgroßen Stellwegen der Kraftangriffspunkte (9, 9') besteht,

– wobei die zweite Bewegungskomponente (15) eine horizontale Positionsverlagerung der Hülse (17) ermöglicht und aus gleichgerichteten und dem Betrag nach gleichgroßen Stellwegen der Kraftangriffspunkte (9, 9') besteht und

– wobei für die erste Bewegungskomponente (14) und für die zweite Bewegungskomponente (15) jeweils Grenzwerte (GW14, GW15) für den maximal zulässigen Stellweg vorgegeben werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Extrusion von Vorformlingen, die an der Unterseite eine Extrusionswerkzeuges aus einem ringförmigen Düsenpalt des Extrusionswerkzeuges vertikal austreten und durch Blasformen zu Kunststoffhohlkörpern aufgeweitet werden, wobei die Geometrie des Düsenpalt während der Extrusion der Vorformlinge verändert wird, wobei zur Veränderung der Düsenpaltgeometrie zumindest eine elastisch deformierbare Hülse verwendet wird, die innerhalb des Extrusionswerkzeuges horizontal verstellbar angeordnet ist und eine innere Umfangsfläche oder eine äußere Umfangsfläche des Ringspalt bildet, wobei zur horizontalen Verstellung und zur elastischen Verformung der Hülse zumindest zwei programmgesteuerte Stellantriebe verwendet werden, die an Kraftangriffspunkten, welche um 180° versetzt sind, auf den Umfang der elastischen Hülse wirken und wobei die Hülse durch gleichgerichtete Bewegungen der Kraftangriffspunkte horizontal verstellbar wird und durch entgegengerichtete und/oder im Betrag unterschiedliche Bewegungen der Kraftangriffspunkte elastisch verformt wird.

[0002] Das Extrusionswerkzeug weist einen Dorn und einen Düsenring auf. Durch eine Axialverstellung des Dorns und/oder des Düsenrings ist die Spaltbreite des Düsenpalt veränderbar. Zur Veränderung der Düsenpaltgeometrie in Umfangsrichtung des Ringspalt wird eine elastisch deformierbare Hülse verwendet, die am Dorn oder im Düsenring angeordnet sein kann und entsprechend eine innere Umfangsfläche oder eine äußere Umfangsfläche des Ringspalt bildet. Die elastische Hülse kann sich bis zum austrittsseitigen Ende des Extrusionswerkzeuges erstrecken oder auch mit einem Abstand zum austrittsseitigen Ende des Extrusionswerkzeuges vollständig innerhalb des Extrusionswerkzeuges angeordnet sein. Die elastische Hülse ist innerhalb des Extrusionswerkzeuges horizontal verstellbar, wobei die horizontale Verstellung beliebige Arten der Positionsverlagerung mit einer horizontalen Bewegungskomponente umfassen soll. Insbesondere kann die Hülse an ihrem oberen Ende so gelagert sein, dass die Hülse unter der Wirkung der an den Kraftangriffspunkten auf sie wirkenden Stellantriebe Schwenkbewegungen oder Kippbewegungen innerhalb des Extrusionswerkzeuges ausführen kann. Alternativ kann die elastische Hülse innerhalb des Extrusionswerkzeuges auch in horizontaler Richtung schiebebeweglich angeordnet sein, so dass sie mittels der an den Kraftangriffspunkten auf sie wirkenden Stellantriebe im Wesentlichen horizontal ausgerichtete Querbewegungen ausführen kann. Ferner ist die Hülse mittels der auf sie wirkenden Stellantriebe elastisch verformbar und zeichnet sich vorzugsweise durch ein stetiges Deformationsverhalten aus. Die Vorformlinge treten im thermoplastischen

Zustand aus dem Extrusionswerkzeug aus und haben die Form eines Schlauches. Im Rahmen der Erfindung liegt es aber auch, dass die schlauchförmigen Vorformlinge durch Trennelemente, die innerhalb des Extrusionswerkzeuges oder unterhalb des Extrusionswerkzeuges angeordnet sind, in Längsrichtung aufgetrennt werden.

[0003] Ein Verfahren zur Extrusion von Vorformlingen mit den eingangs beschriebenen Merkmalen ist beispielsweise aus EP 0 945 245 A1 bekannt. Bei dem bekannten Verfahren wird die elastische Hülse durch programmgesteuerte Stellbewegungen der an den Kraftangriffspunkten auf die Hülse wirkenden Stellantriebe während der Extrusion der Vorformlinge horizontal verstellbar und elastisch verformt, um das Profil des Düsenpalt in Umfangsrichtung zu verändern. Die Steuerung wird als radiale oder partielle Wanddickensteuerung bezeichnet und bei der Extrusionsblasformung von Behältern eingesetzt, um z. B. bei Kanistern und Containern die Materialverteilung zu verändern.

[0004] Die Deformation der elastischen Hülse erfolgt durch Stellantriebe, die an den Kraftangriffspunkten ziehende und drückende Bewegungen auf die Hülse ausüben können. Werden beispielsweise entgegengerichtete, vom Betrag her gleich große Bewegungen der Kraftangriffspunkte auf die elastisch deformierbare Hülse übertragen, so wird die elastische Hülse symmetrisch deformiert. Durch gleichgerichtete und dem Betrag nach gleichgroße Bewegungen der Kraftangriffspunkte kann die Hülse ohne Deformation in horizontaler Richtung verlagert bzw. verschoben werden. Daneben sind Mischformen aus Deformationen und Positionsverlagerung möglich, wenn die Stellwege der an den Kraftangriffspunkten auf die Hülse wirkenden Stellantriebe dem Betrag nach unterschiedlich sind. Es kommt dann zu asymmetrischen bzw. einseitigen Deformationen der Hülse.

[0005] Die Deformation der Hülse, insbesondere eine symmetrische Deformation, stellt für die Hülse eine hohe Belastung dar. Damit eine maximal zulässige, durchmesserspezifische Belastung der deformierbaren Hülse nicht überschritten wird, wird der zulässige Stellweg der Stellantriebe in der Regel durch mechanische Anschläge begrenzt. Sofern die Hülse durch gleichgerichtete und dem Betrag nach gleich große Bewegungen der Kraftangriffspunkte lediglich horizontal verstellbar werden muss, ist die Hülse einer wesentlich geringeren Belastung ausgesetzt. Die bekannte Steuerung nimmt hierauf keine Rücksicht. Da die Steuerung keinen Unterschied zwischen Deformationshub und deformationsfreier Verschiebung macht, müssen die Stellhübe der Stellantriebe auf den maximal zulässigen Deformationshub begrenzt werden. Der Deformationshub bezeichnet einen Stellhub, der ausschließlich zur Deformation der Hülse genutzt wird.

[0006] Zur Erreichung einer optimalen Wanddickenverteilung im blasgeformten Hohlkörper ist häufig eine Profilierung des Ringspaltes in Umfangsrichtung notwendig, die nur durch eine Deformation der Hülse in Verbindung mit einem großen Verschiebeweg der Hülse erreicht werden kann. Der notwendige Verschiebeweg der Hülse ist dann größer als der Stellweg der Stellantriebe, der durch den für eine symmetrische Deformation der Hülse maximal zulässigen Deformationshub begrenzt ist. Um derartige Profilierungen unter Verwendung einer elastischen Hülse realisieren zu können, werden die Hülse und die ihr zugeordneten Stellantriebe an einem Tragring angeordnet, der im Extrusionswerkzeug beweglich angeordnet und mittels eines steuerbaren Zusatzkraftantriebes radial verstellbar ist. Durch Superposition der auf die Hülse wirkenden Stellantriebe und des auf den Tragring wirkenden Zusatzkraftantriebes kann die Geometrie des Düsenringspaltes entsprechend profiliert werden. Eine solche Vorrichtung ist aus EP 0 885 711 A1 bekannt. Die Vorrichtung ist konstruktiv aufwendig. Sie hat auch den Nachteil, dass zur Verstellung des Tragringes große Verstellkräfte notwendig sind, die wiederum zu Verschleiß und einem erhöhten Wartungsaufwand führen können.

[0007] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, das eingangs beschriebene Verfahren zur Extrusion von Vorformlingen so auszubilden, dass sowohl eine gegen Überlastung gesicherte Deformation der Hülse als auch ein möglichst großer Schiebeweg realisiert werden können. Insbesondere besteht die Aufgabe darin, ein Steuerungsverfahren anzugehen, welches es erlaubt, ein Extrusionswerkzeug mit mindestens einer elastischen Hülse und zumindest zwei um 180° zueinander versetzten, mit der Hülse verbundene Stellantriebe, auch dann sicher zu betreiben, wenn der verfügbare Stellweg der Stellantriebe deutlich größer ist als der zulässige Deformationshub zur Verformung der Hülse. Der sichere Betrieb ohne eine Überbeanspruchung der elastischen Hülse muss sowohl bei der Inbetriebnahme einer Anlage als auch bei einer sich anschließenden Produktionsphase gewährleistet sein.

[0008] Ferner muss berücksichtigt werden, dass Fehlbedienungen ebenfalls nicht zu einer Schädigung der elastischen Hülse führen können.

[0009] Gegenstand der Erfindung und Lösung der vorgenannten Aufgabe ist ein Verfahren zur Extrusion von Vorformlingen nach Anspruch 1.

[0010] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Stellwege der Stellantriebe unter Verwendung einer synchron mit der Extrusion der Vorformlinge ablaufenden Programmsteuerung gesteuert, welche die Bewegungen der Kraftangriffspunkte durch Superposition von zwei Bewegungskomponenten be-

stimmt. Die erste Bewegungskomponente ermöglicht eine symmetrische Deformation der Hülse und besteht aus gegensinnigen und dem Betrag nach gleich großen Stellwegen der Kraftangriffspunkte. Die zweite Bewegungskomponente ermöglicht eine horizontale Positionsverlagerung der Hülse und besteht aus gleich gerichteten und dem Betrag nach gleich großen Stellwegen der Kraftangriffspunkte. Für die erste Bewegungskomponente und für die zweite Bewegungskomponente werden jeweils Grenzwerte für den maximal zulässigen Stellweg vorgegeben.

[0011] Durch Superposition der vorgenannten Bewegungskomponenten können Betriebszustände des Extrusionswerkzeuges erfasst werden, die eine asymmetrische Deformation der Hülse notwendig machen. Die Erfindung beruht auf der Überlegung, dass sich jede Verformung der elastischen Hülse als eine Kombination einer symmetrischen Deformation der Hülse und einer horizontalen Positionsverlagerung der Hülse beschreiben lässt. Die Stellwege der ersten Bewegungskomponente und die Stellwege der zweiten Bewegungskomponente können als separate Funktionen jeweils in Abhängigkeit einer Funktionsgröße, welche mit der Extrusion eines Vorformlings korreliert, festgelegt werden. Die mit der Extrusion eines Vorformlings korrelierende Funktionsgröße definiert eine Profilkurve, welche Stellwege der Kraftangriffspunkte in Abhängigkeit der extrudierten Länge der Vorformlinge während der Extrusion eines Vorformlings beschreibt. Unter Verwendung der vorgenannten Profilkurven wird die Geometrie des Düsenpaltes in Umfangsrichtung während der Extrusion der Vorformlinge dynamisch verändert. Erfindungsgemäß werden zwei Profilkurven, verwendet, wobei die erste Profilkurve den Anteil einer symmetrischen Deformation der elastischen Hülse berücksichtigt und die zweite Profilkurve nur einen Anteil für die horizontale Positionsverlagerung der Hülse berücksichtigt. Aus den beiden Profilkurven berechnet die Programmsteuerung Sollwertvorgaben für die Stellbewegungen der an den Kraftangriffspunkten auf die Hülse wirkenden Stellantriebe und gibt diese Sollwertvorgaben als Stellimpulse zur Positionsregelung der Antriebe weiter. Der jeweils zulässige Deformationshub zur symmetrischen Verformung der Hülse und der jeweils zulässige Weg zur Positionsverlagerung der Hülse sind so bemessen, dass bei maximal möglicher Deformation und maximaler Positionsverlagerung zu keinem Zeitpunkt eine Überlastung der elastischen Hülse auftreten kann. Für den maximal einzustellenden symmetrischen Deformationsanteil sowie für den maximal zulässigen Anteil zur Positionsverlagerung der Hülse werden Grenzwerte bestimmt. Innerhalb dieser Grenzwerte sind beliebige Kombinationen einer symmetrischen Deformation und einer horizontalen Positionsverlagerung der Hülse möglich.

[0012] Die Stellantriebe können an den Kraftangriffspunkten Zugkräfte und Druckkräfte auf die Hülse ausüben. Die Profilkurven zur Beschreibung der Stellwege für die erste Bewegungskomponente und für die zweite Bewegungskomponente werden vorzugsweise so festgelegt, dass die für die erste Bewegungskomponente festgelegten Stellwege um eine Nulllage einen Stellweganteil in Zugrichtung und einen Stellweganteil in Druckrichtung aufweist und dass die für die zweite Bewegungskomponente festgelegten Stellwege um eine Nulllage einen Stellweganteil in einer ersten Richtung und einen Stellweganteil in entgegengesetzter Richtung aufweist.

[0013] Die Beanspruchung der elastischen Hülse durch elastische Deformation ist im Allgemeinen wesentlich größer als die Beanspruchung der Hülse im Falle einer horizontalen Positionsverlagerung der Hülse beispielsweise durch seitliches Verschieben oder Verschwenken. Infolgedessen muss der Grenzwert für den maximal zulässigen Stellweg zur symmetrischen Deformation der Hülse kleiner gewählt werden als der Grenzwert für die maximal zulässige horizontale Positionsverlagerung der Hülse.

[0014] Die Grenzwerte für den maximal zulässigen Stellweg der ersten Bewegungskomponente und den maximal zulässigen Stellweg der zweiten Bewegungskomponente können individuell festgelegt werden und voneinander unabhängig sein. Dabei liegt es im Rahmen der Erfindung, dass in der Programmsteuerung apparatespezifische Kennwerte und/oder Korrekturwerte zur Berücksichtigung anwendungsspezifischer Prozessbedingungen hinterlegt werden, die bei der Festlegung des Grenzwertes für den maximal zulässigen Stellweg zur symmetrischen Deformation der Hülse und/oder bei der Festlegung des Grenzwertes für den maximal zulässigen Stellweg zur horizontalen Positionsverlagerung der Hülse berücksichtigt werden.

[0015] Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass der Grenzwert für den maximal zulässigen Stellweg zur Positionsverlagerung der Hülse als variable Größe in Abhängigkeit des Stellweges der ersten Bewegungskomponente festgelegt wird oder dass der Grenzwert für den maximal zulässigen Stellweg zur symmetrischen Deformation der Hülse als variable Größe in Abhängigkeit des Stellweges der zweiten Bewegungskomponente festgelegt wird. Es wird also eine Wechselwirkung zwischen den beiden einzustellenden Bewegungsanteilen berücksichtigt. Ein Vorteil dieser Verfahrensausgestaltung ist, dass durch eine Kopplung der für die Bewegungskomponenten festgelegten Stellwege potentielle Reserven ausgenutzt werden können, weil beispielsweise bei einer geringen Deformation der elastisch deformierbaren Hülse ein größerer Stellweg zur Horizontalverlagerung zugelassen werden kann.

[0016] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Anlage, die ein Extrusionswerkzeug mit einer elastisch deformierbaren Hülse und mit zumindest zwei programmgesteuerten Stellantrieben gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 aufweist, wobei die Stellantriebe in an sich bekannter Weise von separaten Programmen gesteuert werden, die synchron mit der Extrusion der Vorformlinge ablaufen und jeweils den Stellweg des zugeordneten Stellantriebes in Abhängigkeit einer mit der Extrusion eines Vorformlings korrelierenden Funktionsgröße bestimmen. Erfindungsgemäß werden die Stellensignale zur Steuerung der Antriebe zunächst einer Auswerteeinheit zugeführt, welche die Stellensignale in eine erste Bewegungskomponente zur symmetrischen Deformation der Hülse und eine zweite Bewegungskomponente zur horizontalen Positionsverlagerung der Hülse aufspaltet und welche die errechneten Stellwege der ersten Bewegungskomponente und der zweiten Bewegungskomponente mit den Grenzwerten für den maximal zulässigen Stellweg vergleicht. Wenn die vorgegebenen Grenzwerte nicht überschritten werden, werden die Stellensignale zur Steuerung der Stellantriebe freigegeben und an die Stellantriebe weitergeleitet. Sofern zumindest ein Grenzwert überschritten wird, sind verschiedene alternative oder auch sich ergänzende Verfahrensmaßnahmen möglich. So kann bei Überschreiten zumindest eines Grenzwertes das an die Stellantriebe weitergeleitete Steuersignal mit der Maßgabe korrigiert werden, dass nur ein dem Grenzwert entsprechender Anteil der von dem Programm vorgegebenen Sollwerte ausgeführt wird. Nach Überschreiten zumindest eines Grenzwertes kann alternativ der Ablauf des die Stellantriebe steuernden Programms blockiert werden. Ferner kann ein Fehlersignal abgegeben werden, wenn ein Sicherheitsabstand in Bezug auf mindestens einen der Grenzwerte unterschritten wird oder die Grenzwerte nicht eingehalten werden.

[0017] Im Rahmen der Erfindung liegt es, dass zusätzlich zu den in einer ersten Deformationsachse wirkenden Stellantrieben zumindest zwei weitere Stellantriebe verwendet werden, deren Kraftwirkungsrichtung in einer zweiten Deformationsachse radial zur Hülse ausgerichtet ist. Mittels dieser in einer zweiten Deformationsachse wirksamen Stellantriebe kann die elastisch deformierbare Hülse nicht nur in eine runde und eine elliptische Form gebracht werden, sondern von diesen Grundformen abweichende Querschnittsgeometrien erhalten. Die Gesamtverstellung der Hülse ergibt sich aus einer Superposition der Verstellung in den beiden Achsen. Die zusätzliche Verformung der Hülse durch Einwirkung von Kräften in einer zweiten Deformationsachse stellt eine extreme Belastung der elastisch deformierbaren Hülse dar. Diesem Umstand wird im Rahmen der Erfindung dadurch Rechnung getragen, dass der Grenzwert für die erste Bewegungskomponente der

in der ersten Deformationsachse wirkenden Stellantriebe reduziert wird, wenn die in der zweiten Deformationsachse wirksamen Stellantriebe Kräfte auf die Hülse ausüben, die zu einer Deformation der Hülse beitragen. Der Grenzwert für die erste Bewegungskomponente kann um einen vorgegebenen Faktor reduziert werden. Weitere Differenzierungen sind möglich. Dabei kann der Grenzwert für die erste Bewegungskomponente insbesondere auch in Abhängigkeit des an der Hülse wirksamen Stellweges der in der zweiten Deformationsachse auf die Hülse wirkenden Stellantriebe verändert werden. Eine entsprechende Funktion zur Korrektur des Grenzwertes kann in einer Programmsteuerung hinterlegt sein.

[0018] Gemäß einer ersten Ausführung des vorstehend erläuterten Verfahrens, bei dem zusätzliche Stellantriebe in einer zweiten Deformationsachse verwendet werden, sind die in der zweiten Deformationsachse wirksamen Stellantriebe nicht mit der elastisch deformierbaren Hülse verbunden und werden aus einer Ruhestellung, in der die Stellantriebe keinen Kontakt mit der Hülse haben, gegen die Hülse bewegt. Wenn die in der zweiten Deformationsachse wirksamen Stellantriebe mit der elastisch deformierbaren Hülse in Kontakt treten und Kräfte auf die Hülse ausüben, kann die Hülse durch das Zusammenspiel der Stellantriebe eine von der elliptischen Form abweichende Form deformiert werden. Zur Kompensation der zusätzlichen Verformungskräfte wird der für die erste Bewegungskomponente maßgebende Grenzwert wie vorbeschrieben korrigiert. Die Kraftwirkung der in der zweiten Deformationsachse angeordneten Stellantriebe wirkt sich auf die zulässige Positionsverlagerung der Hülse nicht oder nicht wesentlich aus. Daher wird der Grenzwert für die zweite Bewegungskomponente nicht beeinflusst. Die in der zweiten Deformationsachse wirksamen Stellantriebe können nach einem Programm, welches synchron mit der Extrusion der Vorformlinge abläuft gesteuert werden. Im Rahmen der Erfindung liegt es jedoch auch, dass die in der zweiten Deformationsachse wirksamen Stellantriebe nur zwischen einer Ruhestellung und einer zweiten Position, in der sie auf die Hülse einwirken, verstellt werden. Auch kommt in Betracht, dass jeder Stellantrieb der in der zweiten Deformationsachse angeordneten Stellantriebe unabhängig von dem anderen Stellantrieb angesteuert wird. In diesem Fall bestimmt derjenige Stellantrieb, der am stärksten auf die elastische Hülse wirkt, die Änderung des Grenzwertes für die erste Bewegungskomponente der in der ersten Deformationsachse wirkenden Stellantriebe.

[0019] Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die in der zweiten Deformationsachse wirksamen Stellantriebe mit der Hülse verbunden werden, wobei die Verbindung eine horizontale Positionsverlagerung der Hülse in der ersten Deformationsachse zulässt. Die Verbin-

dung kann insbesondere als Gelenkverbindung ausgebildet sein. Wenn die Stellwege der in der zweiten Deformationsachse wirksamen Stellantriebe eine Deformation der Hülse in der zweiten Deformationsachse bewirken, wird bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens der Grenzwert für die erste Bewegungskomponente der in der ersten Deformationsachse wirkenden Stellantriebe reduziert. Die Reduzierung kann aus einem konstanten Faktor bestehen oder abhängig sein von einer Korrekturfunktion, welche den von den Stellantrieben der zweiten Deformationsachse ausgeübten Deformationsanteil berücksichtigt.

[0020] Bei allen zuvor beschriebenen Ausgestaltungen sind die erste Deformationsachse und die zweite Deformationsachse vorzugsweise in einem rechten Winkel zueinander ausgerichtet, wobei eine Anordnung unter einem beliebigen Winkel jedoch nicht ausgeschlossen sein soll.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch zur Düsenzentrung genutzt werden, ohne dass die Produktion, d. h. das Herstellen von Vorformlingen, unterbrochen werden muss. Zur Düsenzentrung werden zwei in einer Deformationsachse auf die elastische Hülse wirkende Stellantriebe und ein zusätzlicher Stellantrieb, dessen Kraftwirkungsrichtung unter einem Winkel zur Deformationsachse ausgerichtet ist, verwendet. Vorzugsweise ist die Kraftwirkungsrichtung des zusätzlichen Stellantriebes unter einem rechten Winkel zur Deformationsachse ausgerichtet. Der Bewegungsanteil der Düsenzentrung in Richtung der Deformationsachse wird separat gesteuert. Dabei werden der von der Programmsteuerung vorgegebene Stellweg für eine horizontale Positionsverlagerung der elastischen Hülse und der Bewegungsanteil zur Düsenzentrung in Richtung der Deformationsachse überlagert. Der durch Superposition gebildete Stellweg wird dann ausgeführt, wenn der Stellhub innerhalb des für die zweite Bewegungskomponente festgelegten Grenzwertes bleibt. Wenn das Kriterium nicht eingehalten ist, wird der Befehl zur Düsenzentrung nicht ausgeführt. Eine zweckmäßige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass ein fester oder von Betriebszuständen abhängiger Grenzwert für den maximal zulässigen Bewegungsanteil der Düsenzentrung in Richtung der Deformationsachse in der Programmsteuerung hinterlegt wird.

[0022] Vorteilhaft ist es, wenn die elastisch deformierbare Hülse und die in der Deformationsachse auf die Hülse wirkenden Stellantriebe auf einem Träger angeordnet werden, der mit einer horizontalen Bewegungskomponente quer zur Deformationsachse bewegbar ist. Der zusätzliche Stellantrieb wirkt auf den Träger und ermöglicht eine Positionsverlagerung des Trägers mit der auf ihm angeordneten Hülse quer zur Deformationsachse, ohne dass die Hülse dabei be-

anspruch wird. Da der zusätzliche Stellantrieb auf eine andere Ebene des Extrusionswerkzeuges wirkt, wird die Verstellung der elastischen Hülse in Richtung der Deformationsachse durch den Stellhub des zusätzlichen Stellantriebes nicht beeinflusst. Der Stellhub des zusätzlichen Stellantriebes hat keinen Einfluss auf die Grenzwerte, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren für eine symmetrische Deformation der Hülse und eine horizontale Positionsverlagerung der Hülse festgelegt werden.

[0023] Bei allen zuvor beschriebenen Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens können zusätzliche Schutzeinrichtungen vorgesehen werden, die bei einer Störung der Energieversorgung die elastisch deformierbare Hülse in einen für das System unkritischen Zustand versetzen und/oder eine unkontrollierte Bewegung der Stellantriebe verhindern. Die Schutzeinrichtungen reagieren beispielsweise auf einen Ausfall der Hauptenergie und/oder Hilfsenergie, auf Bauteilversagen und/oder auf Bedienfehler.

[0024] Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl für innen konische als auch für außenkonische Extrusionswerkzeuge verwendet werden.

[0025] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen schematisch

[0026] Fig. 1a einen Längsschnitt durch ein Extrusionswerkzeug zur Erzeugung von Vorformlingen mit einer Programmsteuerung nach dem Stand der Technik,

[0027] Fig. 1b einen Querschnitt durch das in Fig. 1a dargestellte Extrusionswerkzeug ebenfalls mit einer Programmsteuerung nach dem Stand der Technik.

[0028] Fig. 2a bis Fig. 2c beispielhafte Einstellungen an einer elastischen Hülse des Extrusionswerkzeuges,

[0029] Fig. 3 einen Querschnitt durch ein Extrusionswerkzeug mit einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichteten Programmsteuerung,

[0030] Fig. 4a bis Fig. 4c beispielhafte Einstellungen einer elastisch deformierbaren Hülse unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens im Vergleich zu Einstellungen nach dem Stand der Technik,

[0031] Fig. 5 und Fig. 6 jeweils einen horizontalen Schnitt durch ein Extrusionswerkzeug in Verbindung mit einer Programmsteuerung, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist,

[0032] Fig. 7 einen Querschnitt durch ein Extrusionswerkzeug, welches Stellantriebe in zwei Defor-

mationsachsen aufweist, mit einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichteten Programmsteuerung,

[0033] Fig. 8 eine weitere Ausführungsvariante des in Fig. 7 dargestellten Extrusionswerkzeuges,

[0034] Fig. 9 einen Querschnitt durch ein Extrusionswerkzeug, welches zwei Stellantriebe in einer Deformationsachse und einen zusätzlichen Stellantrieb zur Düsenzentrierung aufweist, mit einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichteten Programmsteuerung.

[0035] Das in Fig. 1a im Längsschnitt und in Fig. 1b in einem Horizontalschnitt dargestellte Extrusionswerkzeug **1** ist für eine Anlage zum Extrusionsblasformen von Hohlkörpern, z. B. Kanistern, Containern oder Kunststoffkraftstoffbehältern, bestimmt. Es weist ein Düsengehäuse **2** mit einem Düsenring **3** sowie einen axial verstellbaren Dorn **4** auf. Der Dorn **4** und der Düsenring **3** begrenzen einen ringförmigen Düsenpalt **5**, aus dem ein schlauchförmiger Vorformling **6** extrudiert wird. Der Vorformling **6** tritt an der Unterseite des Extrusionswerkzeuges **1** vertikal aus und wird durch Blasformen in einer nicht dargestellten Blasformanlage zu einem Kunststoffhohlkörper aufgeweitet. Das Extrusionswerkzeug **1** ist mit zumindest einer elastisch deformierbaren Hülse **7** ausgerüstet, die innerhalb des Extrusionswerkzeuges **1** horizontal verstellbar angeordnet ist und in einem Abschnitt des Düsenpalt **5** eine innere Umfangsfläche oder eine äußere Umfangsfläche des Düsenpalt **5** bildet. Zur horizontalen Verstellung und zur elastischen Verformung der Hülse **7** sind zumindest zwei programmgesteuerte Stellantriebe **8, 8'** vorgesehen, die an Kraftangriffspunkten **9, 9'**, welche um 180° versetzt sind, auf den Umfang der elastischen Hülse **7** wirken. Durch gleichgerichtete Bewegungen der Kraftangriffspunkte **9, 9'** kann die Hülse **7** horizontal verstellt werden. Durch entgegengerichtete und/oder im Betrag unterschiedliche Bewegungen der Kraftangriffspunkte **9, 9'** kann die Hülse **7** elastisch verformt werden. Die Bewegungsangaben beziehen sich jeweils auf ein ortsfestes Koordinatensystem.

[0036] Beim Extrusionsblasformen werden die Vorformlinge **6** aus dem ringförmigen Düsenpalt **5** des Extrusionswerkzeuges **1** extrudiert und anschließend in einer Blasform zu Hohlkörpern aufgeweitet. Die Düsenpaltbreite sowie die Düsenpaltgeometrie werden nach Maßgabe eines Wanddickenprogramms und/oder in Abhängigkeit der aus dem Düsenpalt **5** austretenden Schlauchlänge der Vorformlinge **6** geregelt. Die Regelung erfolgt nach Programmkurven eines Wanddickenprogramms. Die Programmkurven sind in der Fig. 1a schematisch dargestellt. Nach Maßgabe einer ersten Programmkurve (AWDS) für eine „Axiale-Wand-Dicken-Steue-

„rung“ wird eine axiale Stellbewegung des Dorns **4** geregelt und dadurch die Düsenpaltbreite über den gesamten Umfang variiert. Bei anderen Ausführungen des Extrusionswerkzeuges ist auch eine axiale Stellbewegung des Düsenrings möglich, um die Düsenpaltbreite insgesamt, d. h. über den gesamten Umfang, zu beeinflussen. Die auf die Hülse **7** wirkenden Stellantriebe **8**, **8'** werden unabhängig voneinander jeweils von einer zugeordneten Programmkurve PWDS I, PWDS II angesteuert. Die Programmkurven PWDS I, PWDS II für eine „Partielle-Wand-Dicken-Steuerung“ haben unterschiedliche Verläufe. Infolgedessen führen die beiden Stellantriebe **8**, **8'** während der Extrusion eines Vorformlings **6** unterschiedliche Stellhübe aus. Die Ansteuerung der Stellantriebe **8**, **8'** erfolgt jeweils unter Verwendung eines Servoven-tils **10** sowie eines integrierten Weggebers **11** in separaten Regelkreisen **12**, **12'**.

[0037] Der mögliche Stellhub der Stellantriebe **8**, **8'** ist größer als der maximal zulässige Deformationshub zur elastischen Deformation der Hülse **7**. Zum Schutz der elastischen Hülse **7** wird der Stellweg der Stellantriebe **8**, **8'** mechanisch begrenzt. Die maximal zulässigen Deformationswege in Zugrichtung und Druckrichtung sind so bemessen, dass bei einem symmetrischen „Ziehen“ bzw. einem symmetrischen „Drücken“ eine Überlastung der elastischen Hülse **7** in jedem Betriebszustand sicher vermieden wird. Gemäß dem in den **Fig. 1a/1b** dargestellten Standes der Technik wird der Stellhub des Stellantriebes **8**, **8'** auf den maximal zulässigen Deformationshub begrenzt.

[0038] Die Hülse **7** kann durch gleich gerichtete Bewegungen der Kraftangriffspunkte, **9**, **9'** horizontal verstellt werden. Durch entgegen gerichtete und/oder im Betrag unterschiedliche Bewegungen der Kraftangriffspunkte **9**, **9'** wird die Hülse **7** elastisch verformt. Die Schnittdarstellungen in den **Fig. 2a** bis **Fig. 2c** sollen veranschaulichen, welche Belastungen auf die elastisch deformierbare Hülse **7** wirken und welchen Verformungen die elastische Hülse **7** bei einer symmetrischen Deformation durch Druckkräfte (**Fig. 2a**) und bei einer symmetrischen Deformation durch Zugkräfte (**Fig. 2b**) ausgesetzt ist. Jeweils dargestellt ist der durch Anschläge begrenzte maximal mögliche Stellweg. Die **Fig. 2c** zeigt eine Positionsverlagerung der elastischen Hülse **7** durch gleich gerichtete und dem Betrag nach gleich große Stellwege der Kraftangriffspunkte **9**, **9'**. Da die elastische Hülse **7** hierbei nicht deformiert wird, ist die auf die Hülse **7** wirkende Belastung wesentlich geringer. Aus einer vergleichenden Betrachtung der **Fig. 2a** bis **Fig. 2c** ist ersichtlich, dass die maximal zulässige Deformation der Hülse **7** nach dem Stand der Technik einen den nutzbaren Stellhub begrenzten Faktor dargestellt und hierdurch der maximale Verstellweg zur horizontalen Verlagerung der Hülse **7** eingeschränkt wird. Für zahlreiche Anwendungen ist der durch den Deforma-

tionshub begrenzte Verschiebeweg zur Positionsverlagerung der elastischen Hülse nicht ausreichend.

[0039] Das erfindungsgemäße Verfahren schafft hier Abhilfe und ermöglicht eine horizontale Verlagerung der elastischen Hülse **7** mit einem größeren Stellhub, ohne dass die Gefahr besteht, dass die elastische Hülse **7** durch den größeren Stellhub der Stellantriebe **8**, **8'** durch Überlastung geschädigt wird. Die Programmsteuerung **13** zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in **Fig. 3** als Blockschaltbild schematisch dargestellt. Das Extrusionswerkzeug **1** hat den anhand der **Fig. 1a/1b** beschriebenen Aufbau. Lediglich die Anschläge zur Begrenzung des Stellhubes der Stellantriebe **8**, **8'** entfallen oder werden so positioniert, dass der mögliche Stellhub der Stellantriebe **8**, **8'** größer ist als der für eine elastische Deformation der Hülse **7** zulässige Wert.

[0040] Die Stellwege der Stellantriebe **8**, **8'** werden unter Verwendung einer synchron mit der Extrusion der Vorformlinge **6** ablaufenden Programmsteuerung **13** gesteuert, welche die Bewegungen der Kraftangriffspunkte **9**, **9'** durch Superposition von zwei Bewegungskomponenten **14**, **15** bestimmt. Die erste Bewegungskomponente **14** ermöglicht eine symmetrische Deformation der Hülse **7** und besteht aus gegensinnigen und dem Betrag nach gleich großen Stellwegen der Kraftangriffspunkte **9**, **9'**. Die für eine symmetrische Deformation der Hülse **7** notwendigen Stellwege der Kraftangriffspunkte **9**, **9'** sind durch eine erste Programmkurve **16** dargestellt. Die durch die Programmkurve **16** festgelegten Stellwege weisen um eine Nulllage (a_1) einen Stellweganteil (b) in Zugrichtung und einen Stellweganteil (c) in Druckrichtung auf. Die zweite Bewegungskomponente **15** ermöglicht eine horizontale Positionsverlagerung der Hülse **7** und besteht aus gleich gerichteten und dem Betrag nach gleich großen Stellwegen der Kraftangriffspunkte **9**, **9'**. Die Stellwege für horizontale Positionsverlagerung der Hülse **7** werden durch eine zweite Programmkurve **17** festgelegt, die um eine Nulllage (a_2) einen Stellweganteil (d) in einer ersten Richtung **I** und einen Stellweganteil (e) für die entgegengesetzte Bewegungsrichtung aufweist. Für die erste Bewegungskomponente **14** und für die zweite Bewegungskomponente **15** werden jeweils Grenzwerte GW14, GW15 für den maximal zulässigen Stellweg vorgegeben. Der Grenzwert GW14 für den maximal zulässigen Stellweg zur symmetrischen Deformation der Hülse **7** ist dabei wesentlich kleiner als der Grenzwert GW15 für die maximal zulässige horizontale Positionsverlagerung der Hülse **7**, da die elastische Hülse **7** bei einer Positionsverlagerung einer ungleich geringeren Belastung ausgesetzt ist als bei einer Deformation. Aus den beiden Programmkurven **16**, **17** berechnet die Programmsteuerung **13** durch Superposition der Funktionswerte mittels eines Summenbildners **18** die Sollwertvorgaben für die Bewegung

der einzelnen, an der elastischen Hülse 7 angeordneten Stellantriebe 8, 8' und gibt diese als Stellimpulse an die den Stellantrieben 8, 8' zugeordneten Regelkreise 12, 12' weiter. Der durch die Programmkurve 16 definierte Deformationshub und der die Programmkurve 17 bestimmte Stellweg zur horizontalen Positionsverlagerung der Hülse 7 sind so bemessen, dass bei einer maximal möglichen Deformation der Hülse 7 und bei einer gleichzeitig auftretenden maximalen Positionsverlagerung der Hülse 7 zu keinem Zeitpunkt eine Überbelastung oder plastische Verformung der Hülse 7 auftreten kann. Für den maximal zulässige Deformationsanteil gemäß der Programmkurve 16 und den maximal möglichen Verschiebeanteil zur Positionsverlagerung der Hülse 7 gemäß der zweiten Programmkurve 17 gibt es jeweils einen bei der Inbetriebnahme des Extrusionswerkzeuges 1 festgelegten Grenzwert GW14, GW15. Innerhalb der durch die Grenzwerte GW14, GW15 vorgegebenen Bereiche können der Deformationsanteil und der Verschiebeanteil für eine Positionsverlagerung der elastischen Hülse 7 beliebig miteinander kombiniert werden.

[0041] Die Programmkurven 16, 17, welche den Stellweg für eine symmetrische Deformation der Hülse 7 sowie den Stellweg zur horizontalen Verlagerung der Hülse 7 definieren, werden synchron mit einer der Fig. 1a entsprechenden axialen Wanddickensteuerung AWDS abgearbeitet. Da sowohl ein symmetrisches Drücken, ein symmetrisches Ziehen als auch eine Verschiebung der elastischen Hülse 7 in beiden Richtungen möglich ist, sieht eine bevorzugte Darstellung der Profilkurve 16, 17 vor, dass die Werte für die Verstellung sich jeweils um eine Mittellage a_1 , a_2 bewegen, die einer Grundeinstellung der Hülse 7 zugeordnet ist.

[0042] Die Fig. 4a bis Fig. 4c zeigen für beispielhaft dargestellte Funktionsstellungen der elastischen Hülse 7 die notwendigen Einstellungen der Stellantriebe 8, 8' unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens im Vergleich zu Einstellungen nach dem Stand der Technik. Die Fig. 4a zeigt eine symmetrische Deformation der Hülse 7 durch einen gegensinnigen und dem Betrag nach gleich großen Stellweg von 1,5 mm der beiden Kraftangriffspunkten 9, 9'. Die erste Programmkurve 16 liefert das Signal zur symmetrischen Deformation der Hülse 7 um 1,5 mm. Der durch die zweite Programmkurve 17 beigesteuerte Verschiebeanteil ist null. In der Fig. 4b wird die Hülse 7 asymmetrisch deformiert, was nach dem Stand der Technik durch eine Bewegung des durch die Programmkurve PWDS I gesteuerten Stellantriebes in Zugrichtung um 1,5 mm realisiert wird. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Profil der Hülse 7 durch Überlagerung einer durch die Programmkurve 16 vorgegebenen symmetrischen Deformation um 0,75 mm in Zugrichtung und einer durch die zweite Programmkurve 17 bestimmten Positions-

verlagerung der Hülse 7 um 0,75 mm in der Bewegungsrichtung I erzeugt. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 4c wird die elastische Hülse 7 in ein Profil gebracht, welches nach dem Stand der Technik durch eine Stellbewegung des durch die Programmkurve PWDS I gesteuerten Stellantriebes in Zugrichtung um 1,5 mm und durch eine Stellbewegung des durch die Programmkurve PWDS II gesteuerten Stellantriebes um 0,5 mm in Druckrichtung erzeugt wird. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Profil der Hülse 7 durch Superposition einer durch die erste Programmkurve 16 bestimmten symmetrischen Deformation um 0,5 mm in Zugrichtung und einer durch die zweite Programmkurve 17 definierten Horizontalverschiebung der Hülse 7 um 1,0 mm in der Bewegungsrichtung I erzeugt. Im Falle einer horizontalen Positionsverlagerung ist die Hülse 7 einer deutlich geringeren Beanspruchung ausgesetzt als bei einer Deformation. Gemäß den Angaben in den Fig. 4b und Fig. 4c ist das Erzeugen eines asymmetrischen Profils der Hülse 7 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einer geringeren Beanspruchung der Hülse 7 verbunden.

[0043] Bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Fig. 3 werden die Grenzwerte GW14, GW15 für den maximal zulässigen Stellweg der ersten Bewegungskomponente 14 und den maximal zulässige Stellweg der zweiten Bewegungskomponente 15 individuell festgelegt und sind voneinander unabhängig. Gemäß einer in Fig. 5 dargestellten Verfahrensvarianten werden keine starren Grenzwerte GW14, GW15 vorgegeben, sondern es wird eine Wechselwirkung zwischen den beiden Bewegungskomponenten 14, 15 berücksichtigt. So kann der Grenzwert für den maximal zulässigen Stellweg zur Positionsverlagerung der Hülse 7 als variable Größe in Abhängigkeit des Stellweges der ersten Bewegungskomponente 14 festgelegt werden. Entsprechend kann auch der Grenzwert für den maximal zulässigen Stellweg zur symmetrischen Deformation der Hülse 7 als variable Größe in Abhängigkeit des Stellweges der zweiten Bewegungskomponente 15 festgelegt werden. Wird beispielsweise der zulässige Deformationshub für eine symmetrische Deformation der Hülse 7 nicht voll ausgenutzt, kann ein größerer maximaler Verschiebeweg zugelassen werden. Für jeden Profilpunkt der paarweise und zeitgleich abgearbeiteten Profilkurven 16, 17 ist dann zu überprüfen, ob die Grenzwerte noch eingehalten werden. Wird beispielsweise an einem bestimmten Profilpunkt der zweiten Programmkurve 17 der durch den Grenzwert GW15 vorgesehene Verschiebeweg nicht voll ausgenutzt, so kann der Grenzwert GW14 für das symmetrische Deformieren nach oben angepasst werden. Wird hingegen beispielsweise ein größerer Stellweg zur horizontalen Verlagerung der Hülse 7 benötigt, wird der Grenzwert GW14 für die symmetrische Deformation nach unten korrigiert. Analog sind weitere Korrekturen möglich, wenn ein größerer

Deformationshub für eine symmetrische Deformation benötigt werden sollte. Durch das in die Programmsteuerung **13** implementierte Rechenmodul wird für jeden Profilpunkt der paarweise abgearbeiteten Programmkurven **16**, **17** geprüft, ob der Deformations- und der Verschiebeanteil kleiner oder gleich den jeweiligen Grenzwerten ist. In diesem Fall können die Vorgabewerte an die Regelkreise **12**, **12'** weitergeleitet werden. Wird hingegen ein Grenzwert überschritten oder werden sogar beide Grenzwerte überschritten, so wird die Eingabe geblockt oder es wird nur ein dem Grenzwert entsprechender Anteil des Vorgabewertes abgearbeitet.

[0044] Die **Fig. 6** zeigt ein Extrusionswerkzeug **1** mit einer Programmsteuerung nach dem Stand der Technik. Zum Implementieren des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Programmsteuerung durch eine Auswerteeinheit **19** erweitert worden. Die Düsenpaltbreite sowie die Düsenpaltgeometrie des in **Fig. 6** dargestellten Extrusionswerkzeugs **1** werden nach Maßgabe eines Wanddickenprogramms und/oder in Abhängigkeit der aus dem Düsenpalt **5** austretenden Schlauchlänge der Vorformlinge **6** geregelt. Die Regelung erfolgt nach Programmkurven eines Wanddickenprogramms. Nach Maßgabe einer ersten Programmkurve (AWDS) wird eine axiale Stellbewegung des Dorns **4** geregelt und dadurch die Düsenpaltbreite über den gesamten Umfang variiert. Zur horizontalen Verstellung und zur elastischen Verformung der Hülse **7** werden zwei programmgesteuerte Stellantriebe **8**, **8'** verwendet, die an Kraftangriffspunkten **9**, **9'**, welche um 180° versetzt sind, auf den Umfang der elastischen Hülse **7** wirken. Durch gleichgerichtete Bewegungen der Kraftangriffspunkte **9**, **9'** kann die Hülse **7** horizontal verstellt werden. Durch entgegengerichtete und/oder dem Betrag nach unterschiedliche Stellbewegungen der Kraftangriffspunkte **9**, **9'** ist die elastische Hülse **7** verformbar. Jeder der Stellantriebe **8**, **8'** wird nach Maßgabe einer ihm zugeordneten Programmkurve PWDS I, PWDS II geregelt, wobei durch eine Deformation und/oder Verschiebung der Hülse **7** die Düsenpaltgeometrie verändert wird. Die Programmkurven PWDS I, PWDS II sind miteinander nicht gekoppelt. Die Stellsignale zur Steuerung der Stellantriebe **8**, **8'** werden zunächst der Auswerteeinheit **19** zugeführt, die in einem ersten Modul **20** die Stellsignale in eine erste Bewegungskomponente **14** zur symmetrischen Deformation der Hülse **7** und eine zweite Bewegungskomponente **15** zur horizontalen Positionsverlagerung der Hülse **7** aufspaltet. In einem zweiten Modul **21** werden die errechneten Stellwege der beiden Bewegungskomponenten **14**, **15** an den Kraftangriffspunkten **9**, **9'** mit den Grenzwerten GW für den maximal zulässigen Stellweg verglichen. Wenn die vorgegebenen Grenzwerte GW nicht überschritten werden, werden die Stellwegsignale zur Steuerung der Stellantriebe **8**, **8'** freigegeben und an die Stellantriebe **8**, **8'** weitergeleitet. Bei Überschreiten zumindest ei-

nes Grenzwertes GW wird das an die Stellantriebe **8**, **8'** weitergeleitete Steuersignal korrigiert und es wird nur ein dem Grenzwert GW entsprechender Anteil der von den Programmkurven PWDS I, PWDS II vorgegebenen Sollwerte ausgeführt. Zusätzlich kann ein Fehlersignal abgegeben werden. Auch ist es denkbar, dass die Auswerteeinheit **19** die Grenzwerte GW an die Programmsteuerung zurückgibt und dadurch schon bei der Eingabe von neuen Vorgabewerten die Möglichkeit besteht, unzulässige Vorgaben zu unterbinden.

[0045] Durch Verwendung der Auswerteeinheit **19** können bestehende Extrusionsanlagen, die nach dem in **Fig. 1a/1b** dargestellten Verfahren betrieben werden, nachgerüstet werden.

[0046] Bei allen zuvor beschriebenen Ausführungen sind der elastischen Hülse **7** zwei Stellantriebe **8**, **8'** zugeordnet, die an Kraftangriffspunkten, welche um 180° zueinander versetzt sind, auf den Umfang der elastischen Hülse **7** wirken. Die beiden Stellantriebe **8**, **8'** definieren eine erste Achse bzw. Hauptachse. Hierauf ist das erfindungsgemäße Verfahren jedoch nicht beschränkt. Das erfindungsgemäße Verfahren ist ohne weiteres auch dann anwendbar, wenn auf die elastisch deformierbare Hülse **7** noch zumindest ein weiterer Stellantrieb wirkt, dessen Kraftwirkungsrichtung auf die Hülse **7** zur Hauptachse winkelvektriert ist. Insbesondere können zwei weitere Stellantriebe vorgesehen werden, die in einer zur Hauptachse um 90° versetzten Achse auf die elastische Hülse **7** wirken. Das erfindungsgemäße Verfahren wird dann zumindest auf die Stellantriebe angewendet, die in der Hauptachse auf die elastische Hülse **7** einwirken.

[0047] Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 7** werden zusätzlich zu den in einer ersten Deformationsachse I wirkenden Stellantrieben **8**, **8'** zwei weitere Stellantriebe **22**, **22'** verwendet, deren Kraftwirkungsrichtung in einer zweiten Deformationsachse II radial zur Hülse **7** ausgerichtet ist. Die in der ersten Deformationsachse I, der Hauptdeformationsachse, wirkenden Stellantriebe **8**, **8'** werden nach dem anhand der **Fig. 3** erläuterten Verfahren gesteuert. Die in der zweiten Deformationsachse II angeordneten Stellantriebe **22**, **22'** werden mittels eines Programms **25** gesteuert, welches synchron mit der Extrusion der Vorformlinge **6** abläuft. Die in der zweiten Deformationsachse II wirkenden Stellantriebe **22**, **22'** bewirken, dass die Hülse **7** in eine von einer elliptischen Geometrie abweichende Querschnittsform gebracht wird. Eine zusätzliche Verformung der Hülse **7** durch die in der zweiten Deformationsachse II wirkenden Stellantriebe **22**, **22'** stellt eine extreme Belastung der elastisch deformierbaren Hülse **7** dar. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird diesem Umstand dadurch Rechnung getragen, dass der Grenzwert GW **14** für die erste Bewegungskomponente **14** der in der ersten Deformationsachse I wir-

kenden Stellantriebe **8, 8'** reduziert wird, wenn die in der zweiten Deformationsachse **II** wirksamen Stellantriebe **22, 22'** Kräfte auf die Hülse **7** ausüben, die zu einer Deformation der Hülse **7** beitragen. Der Grenzwert GW 14 für die erste Bewegungskomponente **14** kann in Abhängigkeit des an der Hülse **7** wirksamen Stellweges der in der zweiten Deformationsachse **II** auf die Hülse **7** wirkenden Stellantriebe **22, 22'** verändert werden.

[0048] Gemäß dem in **Fig. 7** dargestellten Ausführungsbeispiel sind die in der zweiten Deformationsachse **II** wirksamen Stellantriebe **22, 22'** nicht mit Hülse **7** verbunden und werden aus einer Ruhestellung **23**, in der die Stellantriebe **22, 22'** keinen Kontakt mit der Hülse **7** haben, gegen die Hülse **7** bewegt. Die Stellantriebe **22, 22'** wirken also als Stößel auf den Umfang der elastischen Hülse **7**. Befinden sich die Stößel im Einsatz, so wird die Hülse **7** in einer von der runden bzw. elliptischen Form abweichenden Form deformiert. Der Grenzwert GW14 für die erste Bewegungskomponente **14**, welche eine symmetrische Deformation der Hülse **7** in der ersten Deformationsachse **I** ermöglicht und aus gegensinnigen und dem Betrag nach gleich großen Stellwegen der Kraftangriffspunkte **9, 9'** besteht, wird reduziert, wodurch einer zusätzlichen Beanspruchung der Hülse **7** durch die in der zweiten Deformationsachse **II** wirkenden Stößel Rechnung getragen wird. Der Grenzwert für die zweite Bewegungskomponente **15**, die eine horizontale Positionsverlagerung der Hülse **7** in der ersten Deformationsachse **I** beschreibt und aus gleichgerichteten und dem Betrag nach gleich großen Stellwegen der Kraftangriffspunkte **9, 9'** besteht, bleibt unverändert. Der Grenzwert GW15 für die zulässige Positionsverlagerung der Hülse **7** in Richtung der ersten Deformationsachse **I** wird durch die Wirkung der in der zweiten Deformationsachse **II** wirksamen Stellantriebe **22, 22'** nicht beeinflusst. In dem in **Fig. 7** dargestellten Ausführungsbeispiel ist nur eine Programmkurve des Programms zur Steuerung der in der zweiten Deformationsachse **II** angeordneten Stellantriebe **22, 22'** dargestellt worden. Im Rahmen der Erfindung liegt es auch, dass jeder Stellantrieb **22, 22'**, der in der zweiten Deformationsachse **II** angeordneten Stellantriebe **22, 22'** unabhängig von dem anderen Stellantrieb **22, 22'** angesteuert werden kann. Dann bestimmt diejenige Seite, die am stärksten auf die elastische Hülse **7** wirkt, die Änderung des Grenzwertes GW 14. Wenn die Stellantriebe **22, 22'** sich in der Ruheposition **23** befinden, d. h. die Stößel soweit zurückgefahren sind, dass sie nicht auf die elastische Hülse **7** wirken, so verhält sich die Hülse **7** entsprechend in der anhand von **Fig. 3** erläuterten Weise.

[0049] In einem weiteren, in **Fig. 8** dargestellten, Ausführungsbeispiel sind die in der zweiten Deformationsachse **II** wirksamen Stellantriebe **22, 22'** mit der elastisch deformierbaren Hülse **7** verbunden, wobei die Verbindung **24** eine horizontale Positionsver-

lagerung der Hülse **7** in der ersten Deformationsachse **I** zulässt. Die Verbindung **24** kann insbesondere aus einer Gelenkverbindung bestehen. Der Grenzwert GW14 für die erste Bewegungskomponente **14** der in der ersten Deformationsachse **I** wirkenden Stellantriebe **8, 8'** wird reduziert, wenn die Stellwege der in der zweiten Deformationsachse **II** wirksamen Stellantriebe **22, 22'** eine Deformation der Hülse **7** in der zweiten Deformationsachse **II** bewirken. In dem in **Fig. 8** dargestellten Ausführungsbeispiel gibt das Maß D_y den Durchmesser der elastischen Hülse **7** in Richtung der ersten Deformationsachse **I**, im Folgenden Hauptdeformationsachse genannt, an. Da die in der zweiten Deformationsachse **II** wirksamen Stellantriebe **22, 22'** gelenkig mit der Hülse **7** verbunden sind, kann die elastisch deformierbare Hülse **7** ohne weiteres auch in Richtung der Hauptdeformationsachse **I** verschoben bzw. verlagert werden.

[0050] Das Maß D_x gibt den Durchmesser der elastisch deformierbaren Hülse **7** in Richtung der zweiten Deformationsachse **II** an. Der Durchmesser der unverformten Hülse **7** ist D_0 . Für die nicht deformierte Hülse **7** gilt daher:

$$D_0 = D_y = D_x \quad (1)$$

[0051] Für die Deformation ΔD_x bzw. ΔD_y ergibt sich somit in X-Richtung bzw. Y-Richtung folgende mathematische Bedingungen:

$$\Delta D_x = D_x - D_0 \quad (2)$$

$$\Delta D_y = D_y - D_0 \quad (3)$$

[0052] Zur Bewertung der Deformation bildet man den Wert E als Summe der Werte für ΔD_x und ΔD_y

$$E = \Delta D_x + \Delta D_y \quad (4)$$

[0053] Für den Fall

$$E = 0 \quad (5)$$

liegt eine rein elliptische Deformation vor. Es kann der Grenzwert GW14 für die erste Bewegungskomponente **14** ohne Korrektur verwendet werden. Sofern der Summenwert E von Null abweicht liegt eine nichtelliptische, aber immer noch symmetrische Deformation vor. Diese Art von Deformation hat einen erheblichen Einfluss auf die zulässige Deformation, so dass der Grenzwert GW14 für die erste Bewegungskomponente **14** korrigiert werden muss. Der Grenzwert GW14 ist insofern eine Funktion des Summenwertes E .

[0054] Gemäß einem in **Fig. 9** dargestellten Ausführungsbeispiel werden die beiden in einer Deformationsachse **I** auf die elastische Hülse **7** wirkenden Stellantriebe **8, 8'** und ein zusätzlicher Stellantrieb **26**,

dessen Kraftwirkungsrichtung unter einen Winkel α von vorzugsweise 90° zur Deformationsachse **I** ausgerichtet ist, zur Düsenzentrierung verwendet. Die elastisch deformierbare Hülse **7** und die in der Deformationsachse **I** auf die Hülse **7** wirkenden Stellantriebe **8**, **8'** sind auf einem Träger **27** angeordnet, der mit einer horizontalen Bewegungskomponente quer zur Deformationsachse **I** bewegbar ist. Der zusätzliche Stellantrieb **26** wirkt auf diesen Träger **27**. Im Ausführungsbeispiel ist die Kraftwirkungsrichtung des zusätzlichen Stellantriebes **26** unter einem rechten Winkel zur Deformationsachse **I** ausgerichtet. Die Kraftwirkungsrichtung des zusätzlichen Stellantriebes **26** kann jedoch ohne weiteres in einem Winkelbereich zwischen $\alpha_1 = 30^\circ$ und $\alpha_2 = 150^\circ$ variiert werden. Der zusätzliche Stellantrieb **26** kann über einen einzelnen Sollwert oder über eine Profilkurve **28** angesteuert werden. Da der zusätzliche Stellantrieb **26** auf eine andere Ebene des Extrusionswerkzeuges **1** wirkt, wird die Verstellung der elastischen Hülse **7** in Richtung der Deformationsachse **I** durch die Bewegung des zusätzlichen Stellantriebes **26** nicht beeinflusst. Der Stellhub des zusätzlichen Stellantriebes **26** hat somit keinen Einfluss auf die Grenzwerte GW14, GW15, die für eine symmetrische Deformation der Hülse **7** und eine horizontale Positionsverlagerung festgelegt werden. Der Bewegungsanteil der Düsenzentrierung in Richtung der Deformationsachse **I** wird ebenfalls separat durch einen Sollwert oder eine Profilkurve **29** gesteuert. Dabei wird der von der Programmsteuerung **13** vorgegebene Stellweg entsprechend der Profilkurve **17** für eine horizontale Positionsverlagerung der elastischen Hülse **7** in der Deformationsachse **I** und der Bewegungsanteil h_2 zur Düsenzentrierung in Richtung der Deformationsachse **I** überlagert. Mittels eines Logikelementes **30** wird abgefragt, ob der durch Superposition gebildete Stellhub h innerhalb des für die zweite Bewegungskomponente **15** festgelegten Grenzwertes GW15 bleibt. Wird dieses Kriterium eingehalten, wird der Stellhub h ausgeführt und das anhand der Fig. 3 erläuterte Verfahren fortgeführt. Sofern der durch Superposition gebildete Stellhub h dem Betrag nach größer ist als der Grenzwert GW15 unterbleibt die Düsenzentrierung oder wird das Verfahren in geeigneter Weise gestoppt. Im Rahmen der Erfindung liegt es auch, dass ein fester oder von Betriebszuständen abhängiger Grenzwert GW16 für den maximal zulässigen Bewegungsanteil der Düsenzentrierung in Richtung der Deformationsachse **I** in der Programmsteuerung **13** hinterlegt wird. Der Grenzwert GW15 ist dann unter Berücksichtigung des für die Düsenzentrierung reservierten Grenzwertes GW16 anzupassen. Mit dem in Fig. 9 dargestellten Verfahren ist eine Düsenzentrierung des Extrusionswerkzeuges **1** möglich, ohne dass der Betrieb des Extrusionswerkzeuges **1** unterbrochen werden muss.

[0055] Als weitere Verbesserung der Betriebssicherheit können bei der Durchführung des erfindungsge-

mäßen Verfahrens Schutzeinrichtungen vorgesehen werden, die bei einer Störung der Energieversorgung die elastisch deformierbare Hülse **7** in ein für das System unkritischen Zustand versetzen und/oder eine unkontrollierte Bewegung der Stellantriebe **8**, **8'** verhindern. Diese Schutzeinrichtungen sorgen dafür, dass die elastische Hülse **7** des Extrusionswerkzeuges **1** bei Auftreten eines Fehlers oder einer Störung einen für das System unkritischen Zustand einnimmt. Als Fehler- bzw. Störquellen sind das Ausfallen der Hauptenergie und/oder Hilfsenergie, ein Bauteilversagen sowie Bedienungsfehler zu berücksichtigen.

[0056] Zur Hauptenergie gehört die Energie zum Antrieb der Stellantriebe **8**, **8'**. Diese kann elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch zur Verfügung stehen. Unter die Hauptenergie fällt ferner eine Spannungsversorgung für die Regelungen. Als Hilfsenergie wird die Energieversorgung regelungstechnischer Komponenten, z. B. Weggeber, Servoventile, Resolver und dergleichen, verstanden. Als Schutzeinrichtung wird zweckmäßig ein Restenergiespeicher vorgesehen, der genügend Antriebsenergie liefert, um die elastisch deformierbare Hülse **7** beim Ausfall der Haupt- und/oder Hilfsenergie in einen für das System unkritischen Zustand zu bewegen. Dabei können die Stellantriebe **8**, **8'** zum Schutz der elastischen Hülse **7** mit einem Bremssystem ausgerüstet werden, das im Falle eines Ausfalls der Haupt- oder Hilfsenergie eine unkontrollierte Bewegung der Stellantriebe **8**, **8'** verhindert. Das Bremssystem wird so angesteuert, dass es, solange ein Spannungssignal anliegt, inaktiv ist und bei einem Fortfall des Spannungssignals betätigt wird. Eine weitere Schutzeinrichtung kann darin bestehen, dass die Programmsteuerung **13** permanent ein Lebenszeichen abgibt. Bei Ausfall einer Haupt- oder Hilfsenergiequelle erlischt dieses Lebenszeichen und werden Sicherungselemente ausgelöst. So können beispielsweise mechanische Hubbegrenzungen bei einem Wegfall des Lebenszeichens vorgefahren und den Deformationshub der elastischen Hülse **7** begrenzen.

[0057] Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zweckmäßig Plausibilitätsprüfungen durchgeführt, ob sich die Regelung entsprechend den Vorgabewerten in einem vorgegebenen Toleranzfeld bewegt. Wird dieses Toleranzfeld verlassen, so kann die Regelung ein Signal an das System herausgeben, welches es diesem erlaubt, einen für die elastische Hülse **7** unkritischen Zustand einzunehmen. Als Schutzeinrichtungen zur Absicherung eines Bauteilversagens können Sensoren verwendet und mechanische Hubbegrenzungen vorgesehen werden. Zweckmäßig ist ferner eine redundante Auslegung von kritischen Komponenten. Um sicherzustellen, dass die elastische Hülse **7** beispielsweise in Folge eines Bauteilverfahrens nicht über den zulässigen Deformationsweg deformiert werden kann, können mechanische Hubbegrenzungen vor-

gesehen werden, die im Bedarfsfall aktiviert werden. Vorzugsweise werden diese Hubbegrenzungen angesteuert, dass sie bei einem Wegfall eines Signals vorgefahren. Somit würden diese mechanischen Hubbegrenzungen bei einem Wegfall des Signals, z. B. infolge eines Stromausfalls, Kabelbruches oder eines negativen Ergebnisses der Plausibilitätsprüfung, in den Bewegungsraum der Stellantriebe **8**, **8'** einfahren. Als Antrieb für die mechanischen Hubbegrenzungen können insbesondere Druckfedern und/oder elektrische Haltemagnete verwendet werden.

[0058] Zum Schutz vor Bedienungsfehlern sollten Grenzwertabfragen vorgesehen werden. Um sicherzustellen, dass es infolge von unzulässigen Bedienungswerten nicht zu einer Beschädigung der elastisch deformierbaren Hülse **7** kommen kann, werden die Eingabewerte hinsichtlich der einzuhaltenden Grenzwerte überprüft und erst dann, wenn sichergestellt ist, dass die neuen Eingabewerte keine unzulässige Belastung der elastischen Hülse **7** ergeben, werden diese als Sollwerte übernommen. Des Weiteren sind Kollisionsabfragen zweckmäßig, die unter Berücksichtigung der Einbausituation der Hülse **7** sicherstellen, dass es zu keinem Zeitpunkt zu einem Kontakt zwischen der Hülse **7** und dem Dorn **4** des Extrusionswerkzeuges **1** oder dem Düsenring **3** des Extrusionswerkzeuges **1** kommen kann. Ein solcher Kontakt würde auch dann, wenn die Grenzwerte GW für die zulässige Verformung der Hülse **7** und Verschiebung der Hülse **7** noch nicht erreicht sind, zu einer unzulässigen Belastung der Hülse **7** führen. Durch weitere Schutzmaßnahmen sollte ferner Sorge getragen werden, dass die Eingabewerte nicht unbeabsichtigt verändert werden können. Ferner sind Schutzmaßnahmen zweckmäßig gegen ein unbeabsichtigtes Ein- und Ausschalten der Steuerung.

[0059] Im Rahmen der Erfindung liegt es ferner, dass in der Programmsteuerung **13** apparatespezifische Kennwerte und/oder Korrekturwerte zur Berücksichtigung anwendungsspezifischer Prozessbedingungen hinterlegt werden, die bei einer Festlegung der Grenzwerte GW für die erste Bewegungskomponente **14** und/oder die zweite Bewegungskomponente **15** berücksichtigt werden. Für den Betrieb der elastisch deformierbaren Hülse **7** kann beispielsweise eine Kennlinie in der Programmsteuerung **13** hinterlegt werden, mittels welcher der zulässige symmetrische Deformationsanteil sowie der zulässige Anteil für die horizontale Verlagerung bzw. Verschiebung der Hülse **7** unter Berücksichtigung anwendungsspezifischer Parameter berechnet werden kann. Die Kennlinie kann zum einen verschiedene konstruktive Ausführungen des Extrusionswerkzeuges **1**, insbesondere unterschiedliche Düsendurchmesser, und zum anderen anwendungsspezifische Prozessbedingungen und Stoffwerte berücksichtigen. Ein höherer anwendungsspezifischer Massedruck stellt für die elastisch deformierbare Hülse **7** beispielsweise eine

höhere Belastung dar als ein geringerer Druck. Es leuchtet ein, dass bei einem höheren Massedruck die Belastungsgrenze der Hülse **7** schon bei einer niedrigeren Deformation erreicht werden kann. Also kann es im Sinne der Erfindung sinnvoll sein, die zulässige Deformation der Hülse **7** in Abhängigkeit von anwendungsspezifischen Prozessparameter so anzupassen, dass eine höhere Überbeanspruchung der Hülse **7** sicher vermieden werden kann. Dazu dient die in der Steuerung hinterlegte Kennlinie, die ausgewählte Prozessparameter berücksichtigt und entsprechend die maximale Deformation der Hülse **7** begrenzt. Da sich die Belastung der elastischen Hülse **7** beim Verschieben anders verhält als bei einer Deformation, kann anhand dieser zumindest einen Kennlinie auch die Änderung des Verschiebeanteils unter Berücksichtigung von kritischen, anwendungsspezifischen Prozessparametern ermittelt werden. Zur Abarbeitung der Kennlinie können Grenzwerte für ausgewählte Prozessparameter beispielsweise online, während der Produktion, ermittelt werden. Ebenso ist es im Sinne der Erfindung, dass diese Grenzwerte anhand von Erfahrungswerten manuell vorgegeben werden. Insbesondere kann die Kennlinie als sogenannte „Masterkennlinie“ in der Programmsteuerung **13** fest hinterlegt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Extrusion von Vorformlingen, die an der Unterseite eines Extrusionswerkzeuges (**1**) aus einem ringförmigen Düsenpalt (**5**) des Extrusionswerkzeuges vertikal austreten und durch Blasformen zu Kunststoffhohlkörpern aufgeweitet werden, wobei die Geometrie des Düsenpalt (**5**) während der Extrusion der Vorformlinge verändert wird, wobei zur Veränderung der Düsenpaltgeometrie zumindest eine elastisch deformierbare Hülse (**7**) verwendet wird, die innerhalb des Extrusionswerkzeuges (**1**) horizontal verstellbar angeordnet ist und eine innere Umfangsfläche oder eine äußere Umfangsfläche des Ringspalt (**5**) bildet, wobei zur horizontalen Verstellung und zur elastischen Verformung der Hülse (**7**) zumindest zwei programmgesteuerte Stellantriebe (**8**, **8'**) verwendet werden, die an Kraftangriffspunkten (**9**, **9'**), welche um 180° versetzt sind, auf den Umfang der elastischen Hülse (**7**) wirken und wobei die Hülse (**7**) durch gleichgerichtete Bewegungen der Kraftangriffspunkte (**9**, **9'**) horizontal verstellt wird und durch entgegengerichtete und/oder im Betrag unterschiedliche Bewegungen der Kraftangriffspunkten (**9**, **9'**) elastisch verformt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stellwege der Stellantriebe (**8**, **8'**) unter Verwendung einer synchron mit der Extrusion der Vorformlinge ablaufenden Programmsteuerung (**13**) gesteuert werden, welche die Bewegungen der Kraftangriffspunkte (**9**, **9'**) durch Superposition von zwei Bewegungskomponenten (**14**, **15**) bestimmt, – wobei die erste Bewegungskomponente (**14**) eine symmetrische Deformation der Hülse (**7**) ermöglicht

und aus gegensinnigen und dem Betrag nach gleichgroßen Stellwegen der Kraftangriffspunkte (9, 9') besteht,

– wobei die zweite Bewegungskomponente (15) eine horizontale Positionsverlagerung der Hülse (17) ermöglicht und aus gleichgerichteten und dem Betrag nach gleichgroßen Stellwegen der Kraftangriffspunkte (9, 9') besteht und

– wobei für die erste Bewegungskomponente (14) und für die zweite Bewegungskomponente (15) jeweils Grenzwerte (GW14, GW15) für den maximal zulässigen Stellweg vorgegeben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stellwege der ersten Bewegungskomponente (14) und die Stellwege der zweiten Bewegungskomponente (15) als separate Funktionen (16, 17) jeweils in Abhängigkeit einer Funktionsgröße, welche mit der Extrusion eines Vorformlings korreliert, festgelegt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stellantriebe (8, 8') an den Kraftangriffspunkten (9, 9') Zugkräfte und Druckkräfte auf die Hülse ausüben und dass die für die erste Bewegungskomponente (14) festgelegten Stellwege um eine Nulllage (a_1) einen Stellweganteil (b) in Zugrichtung und einen Stellweganteil (c) in Druckrichtung aufweisen und dass die für die zweite Bewegungskomponente (15) festgelegten Stellwege um eine Nulllage (a_2) einen Stellweganteil (d) in einer ersten Richtung und einen Stellweganteil (e) in entgegengesetzter Richtung aufweisen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grenzwert (GW 14) für den maximal zulässigen Stellweg zur symmetrischen Deformation der Hülse (7) kleiner ist als der Grenzwert (GW15) für die maximal zulässige horizontale Positionsverlagerung der Hülse (7).

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grenzwerte (GW14, GW15) für den maximal zulässigen Stellweg der ersten Bewegungskomponente (14) und den maximal zulässigen Stellweg der zweiten Bewegungskomponente (15) individuell festgelegt werden und voneinander unabhängig sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grenzwert (GW 15) für den maximal zulässigen Stellweg zur Positionsverlagerung der Hülse (7) als variable Größe in Abhängigkeit des Stellweges der ersten Bewegungskomponente (14) festgelegt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grenzwert (GW 14) für den maximal zulässigen Stellweg zur symmetrischen Deformation der Hülse (7) als variable Größe

in Abhängigkeit des Stellweges der zweiten Bewegungskomponente (15) festgelegt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stellantriebe (8, 8') von separaten Programmen (PWDS I, PWDS II) gesteuert werden, die synchron mit der Extrusion der Vorformlinge (6) ablaufen und jeweils den Stellweg des zugeordneten Stellantriebes (8, 8') in Abhängigkeit einer mit der Extrusion eines Vorformlings korrelierenden Funktionsgröße bestimmen, dass die Stellsignale zur Steuerung der Stellantriebe (8, 8') zunächst einer Auswerteeinheit (19) zugeführt werden, welche die Stellsignale in eine erste Bewegungskomponente (14) zur symmetrischen Deformation der Hülse (7) und eine zweite Bewegungskomponente (15) zur horizontalen Positionsverlagerung der Hülse (7) aufspaltet und welche die errechneten Stellwege der ersten Bewegungskomponente (14) und der zweiten Bewegungskomponente (15) mit den Grenzwerten (GW14, GW15) für den maximal zulässigen Stellweg vergleicht, und dass die Stellsignale zur Steuerung der Stellantriebe freigegeben und an die Stellantriebe (8, 8') weitergeleitet werden, wenn die vorgegebenen Grenzwerte (GW14, GW15) nicht überschritten werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Überschreiten zumindest eines Grenzwertes (GW14, GW15) das an die Stellantriebe (8, 8') weitergeleitete Steuersignal korrigiert und nur ein dem Grenzwert (GW) entsprechender Anteil der von dem Programm vorgegebenen Sollwerte ausgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Überschreiten zumindest eines Grenzwertes der Ablauf des die Stellantriebe (8, 8') steuernden Programms blockiert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Fehlersignal abgegeben wird, wenn ein Sicherheitsabstand in Bezug auf mindestens einen der Grenzwerte (GW14, GW 15) unterschritten wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Programmsteuerung (13) apparatespezifische Kennwerte und/oder Korrekturwerte zur Berücksichtigung anwendungsspezifischer Prozessbedingungen hinterlegt werden, die bei einer Festlegung des Grenzwertes (GW14) für den maximal zulässigen Stellweg zur symmetrischen Deformation der Hülse (7) und/oder bei einer Festlegung des Grenzwertes (GW15) für den maximal zulässigen Stellweg zur horizontalen Positionsverlagerung der Hülse (7) berücksichtigt werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zu den in einer ersten Deformationsachse (I) wirkenden Stellantrieben (8, 8') zumindest zwei weitere Stellantriebe (22, 22') verwendet werden, deren Kraftwirkungsrichtung in einer zweiten Deformationsachse (II) radial zur Hülse (7) ausgerichtet ist, und dass der Grenzwert (GW14) für die erste Bewegungskomponente (14) der in der ersten Deformationsachse (I) wirkenden Stellantriebe (8, 8') reduziert wird, wenn die in der zweiten Deformationsachse (II) wirksamen Stellantriebe (22, 22') Kräfte auf die Hülse (7) ausüben, die zu einer Deformation der Hülse (7) beitragen.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grenzwert (GW 14) für die erste Bewegungskomponente (14) in Abhängigkeit des an der Hülse (7) wirksamen Stellweges der in der zweiten Deformationsachse (II) auf die Hülse (7) wirkenden Stellantriebe (22, 22') verändert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in der zweiten Deformationsachse (II) wirksamen Stellantriebe (22, 22') nicht mit der Hülse (7) verbunden sind und aus einer Ruhestellung (23), in der die Stellantriebe (22, 22') keinen Kontakt mit der Hülse (7) haben, gegen die Hülse (7) bewegt werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in der zweiten Deformationsachse (II) wirksamen Stellantriebe (22, 22') mit der Hülse (7) verbunden werden, wobei die Verbindung (24) eine horizontale Positionsverlagerung der Hülse (7) in der ersten Deformationsachse (I) zulässt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in der zweiten Deformationsachse (II) wirksamen Stellantriebe (22, 22') nach einem Programm (25), welches synchron mit der Extrusion der Vorformlinge (6) abläuft, gesteuert werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Deformationsachse (I) und die zweite Deformationsachse (II) in einem rechten Winkel zueinander ausgerichtet sind.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei in einer Deformationsachse (I) auf die elastische Hülse (7) wirkende Stellantriebe (8, 8') und ein zusätzlicher Stellantrieb (26), dessen Kraftwirkungsrichtung unter einen Winkel (α) von vorzugsweise 90° zur Deformationsachse (I) ausgerichtet ist, zur Düsenzentrierung verwendet werden, wobei der Bewegungsanteil der Düsenzentrierung in Richtung der Deformationsachse (I) separat gesteuert wird und wobei der von der Pro-

grammsteuerung (13) vorgegebene Stellweg für eine horizontale Positionsverlagerung der elastischen Hülse in der Deformationsachse (I) und der Bewegungsanteil (h_2) zur Düsenzentrierung in Richtung der Deformationsachse (I) überlagert werden sowie ein durch Superposition gebildeter Stellhub (h) ausgeführt wird, wenn der Stellhub (h) innerhalb des für die zweite Bewegungskomponente (15) festgelegten Grenzwertes (GW15) bleibt.

20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein fester oder von Betriebszuständen abhängiger Grenzwert (GW16) für den maximal zulässigen Bewegungsanteil (h_2) der Düsenzentrierung in Richtung der Deformationsachse (I) in der Programmsteuerung (13) hinterlegt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elastisch deformierbare Hülse (7) und die in der Deformationsachse (I) auf die Hülse (7) wirkenden Stellantriebe (8, 8') auf einem Träger (27) angeordnet werden, der mit einer horizontalen Bewegungskomponente quer zur Deformationsachse (I) bewegbar ist, und dass der zusätzliche Stellantrieb (26) auf den Träger (27) wirkt.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Fig. 1A

Stand der Technik

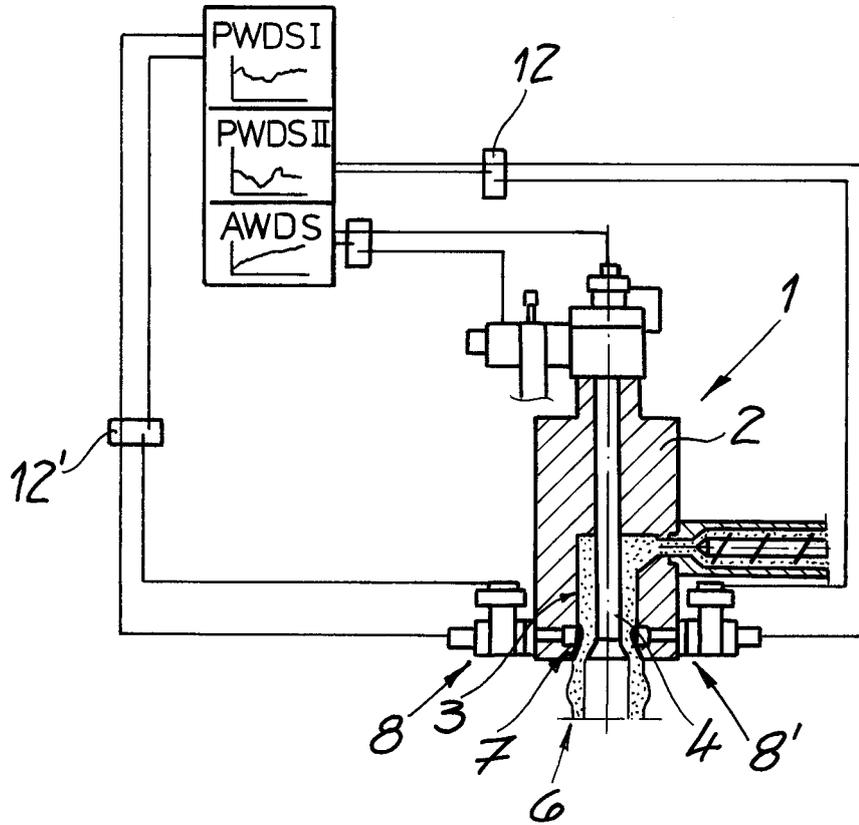


Fig. 1B

Stand der Technik

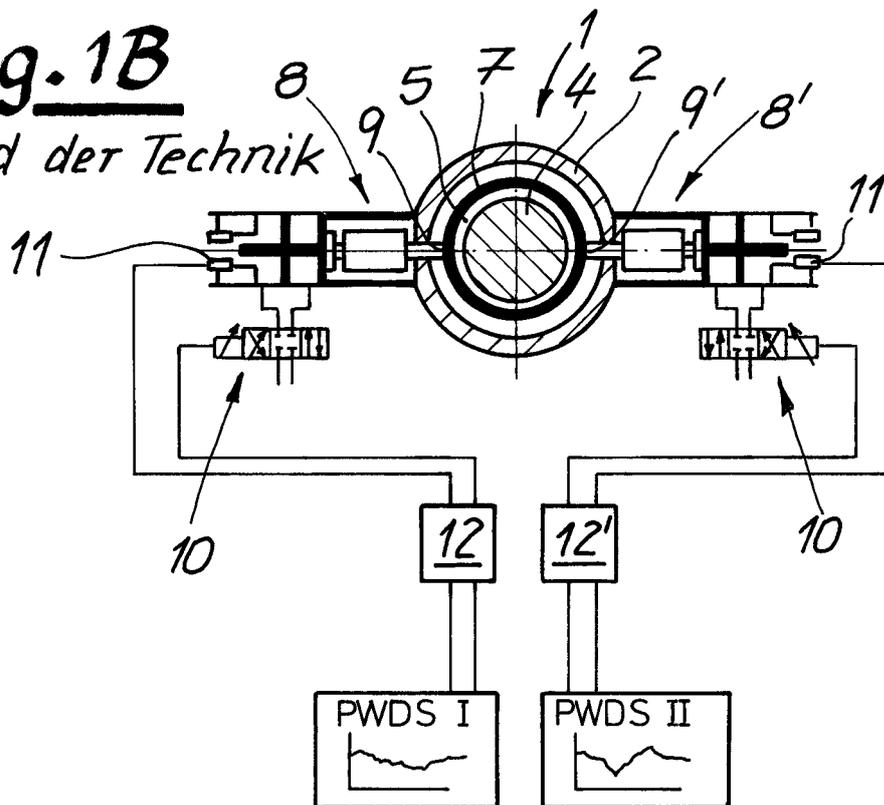


Fig. 2A

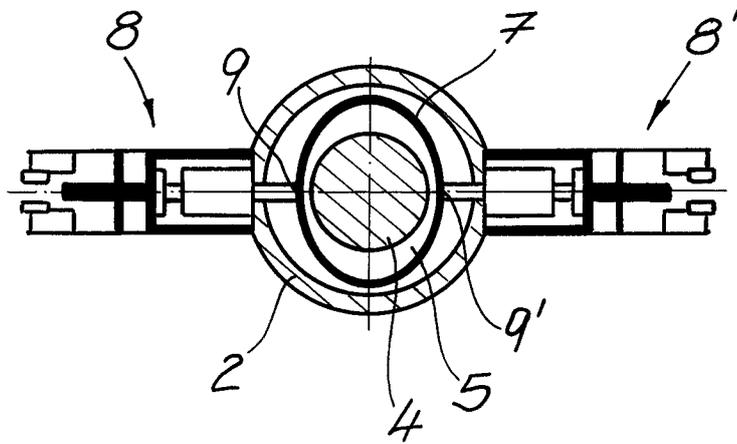


Fig. 2B

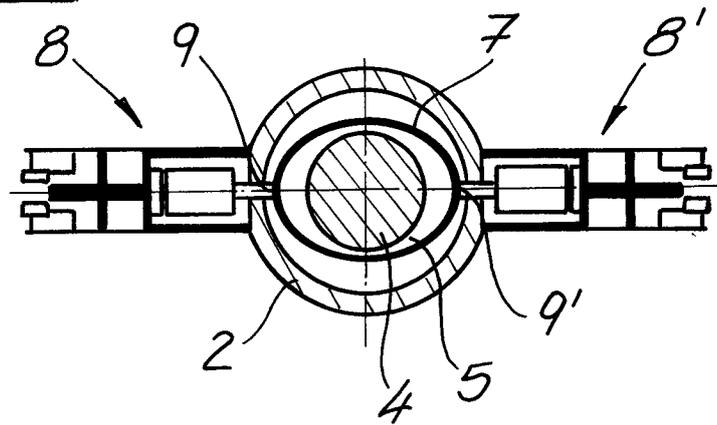


Fig. 2C

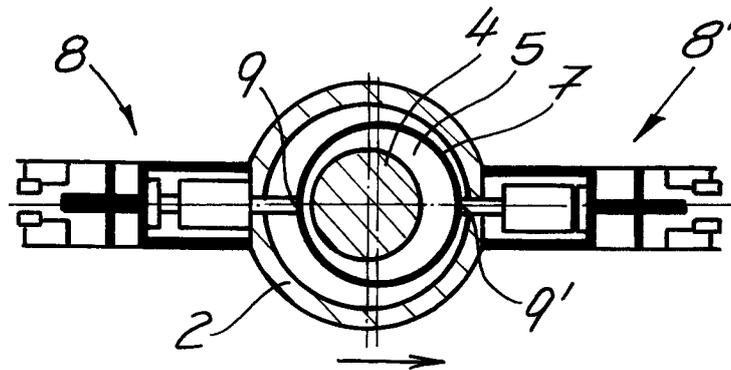


Fig.3

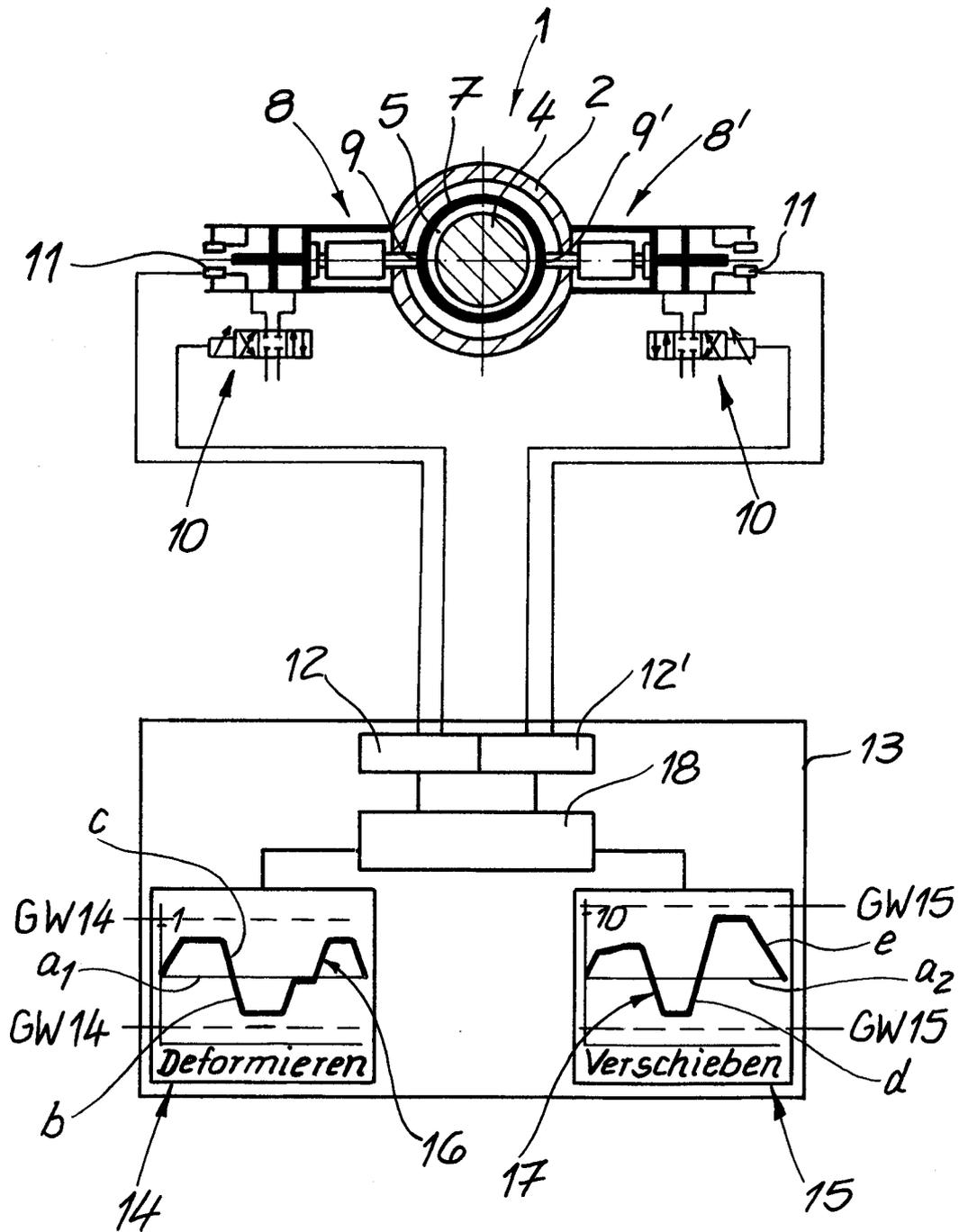


Fig. 4A

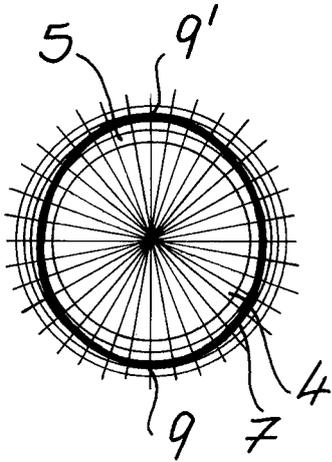


Fig. 4B

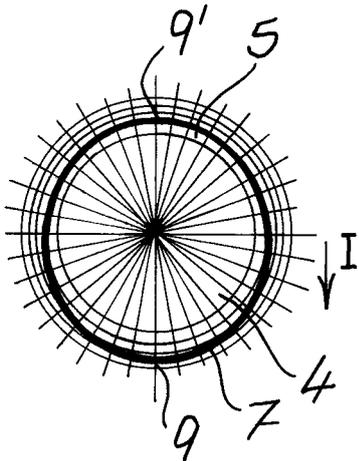
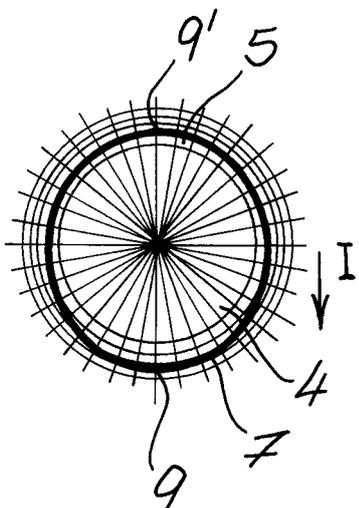


Fig. 4C



Stand der Technik		Erfindungsgemäßes Verfahren	
Stellweg gemäß PWDS I	Stellweg gemäß PWDS II	Stellweg für Sym. Deformation (erste Bewegungskomponente)	Stellweg für Verschiebung (zweite Bewegungskomponente)
1,5mm Ziehen	1,5mm Ziehen	1,5mm Ziehen	0mm
1,5mm Ziehen	0mm	0,75mm Ziehen	0,75mm in Richtung I
1,5mm Ziehen	0,5mm Drücken	0,5mm Ziehen	1,0mm in Richtung I

Fig. 5

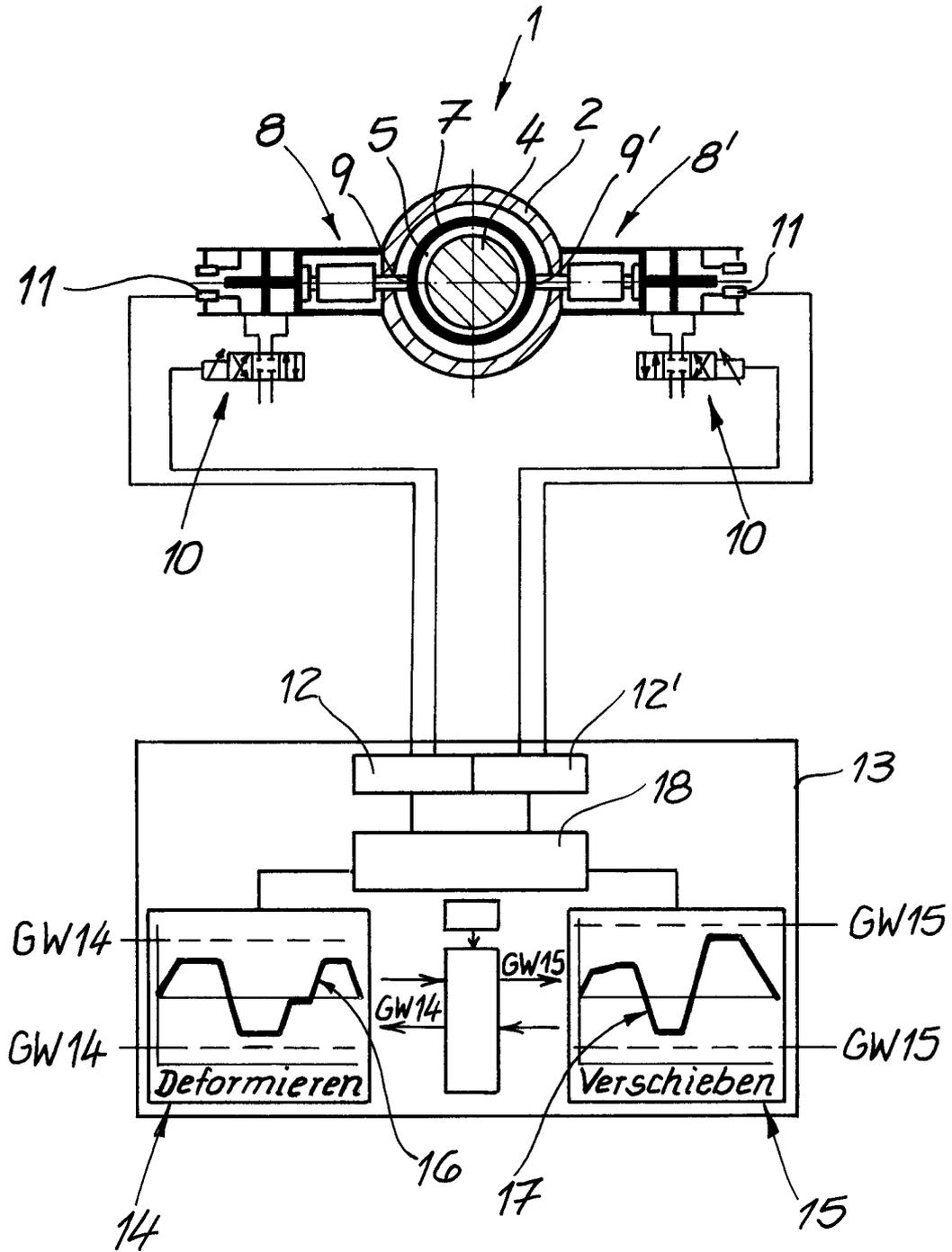


Fig. 6

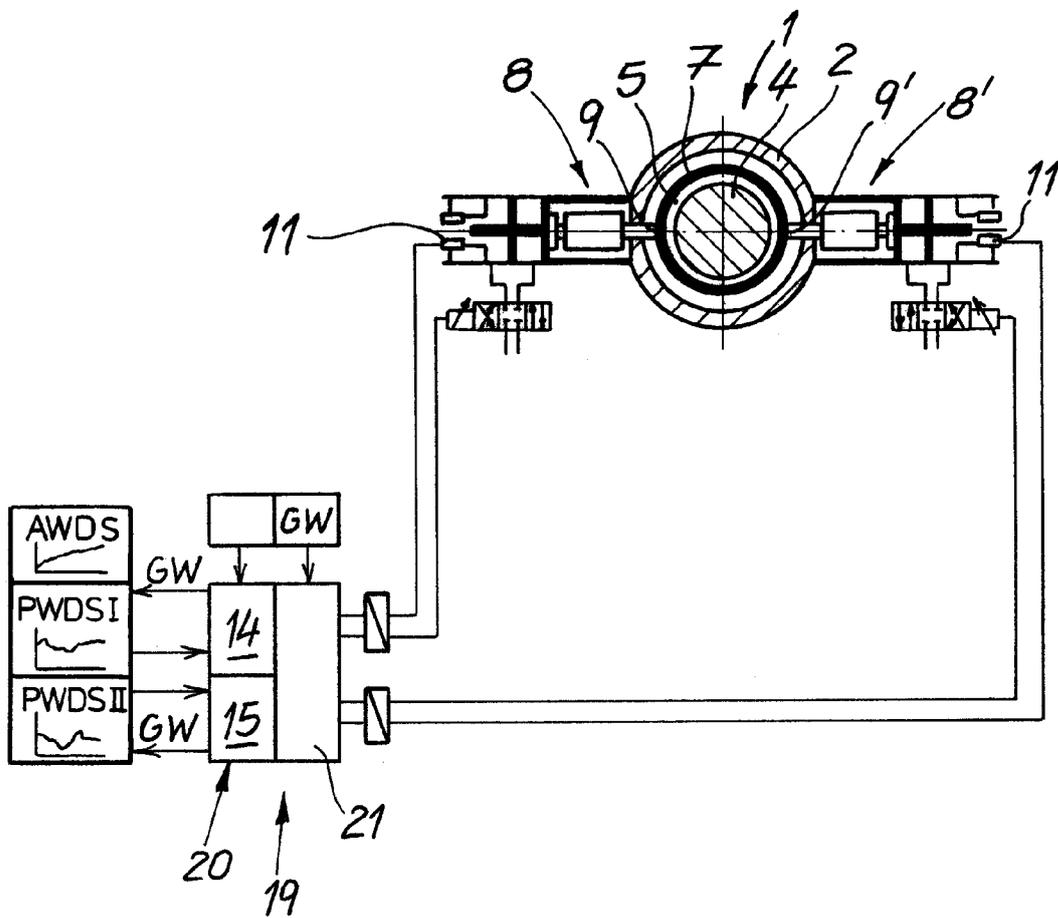


Fig. 7

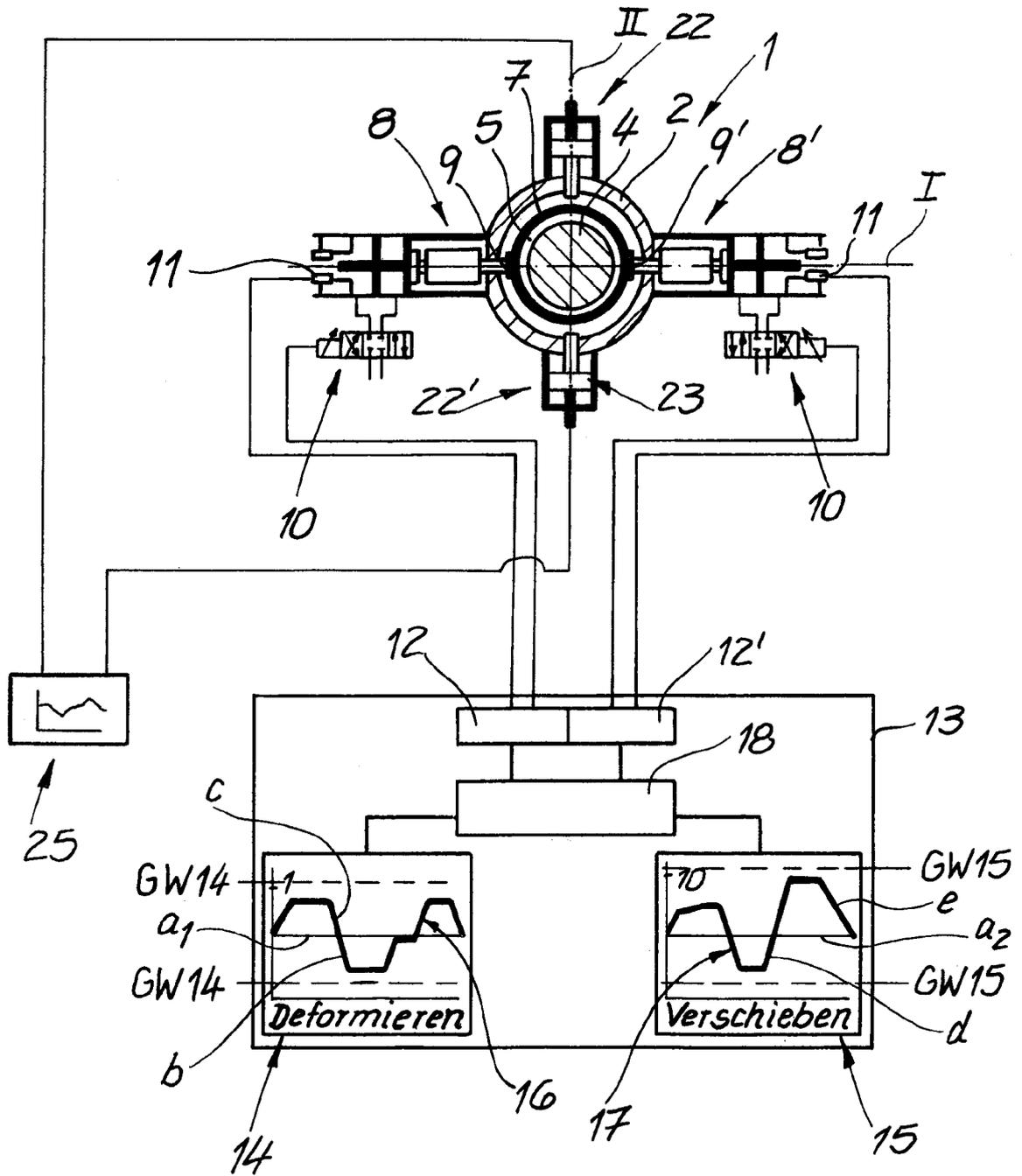


Fig. 8

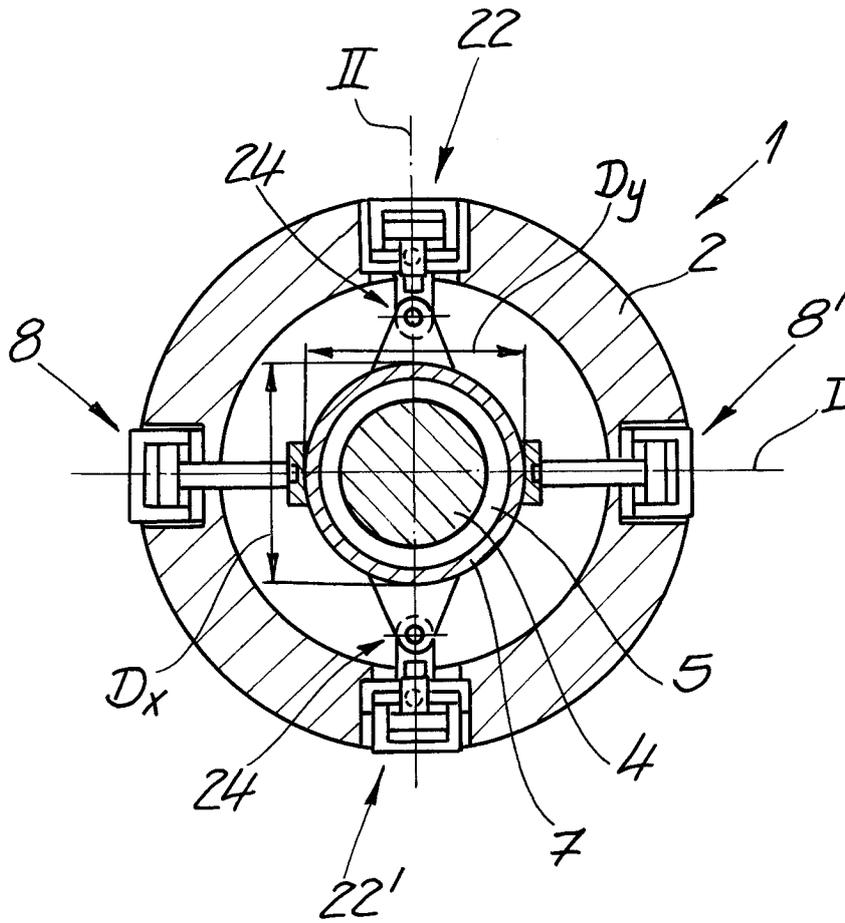


Fig. 9

