(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2012 107 338 A1** 2014.02.13

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 107 338.4**
(22) Anmeldetag: **09.08.2012**
(43) Offenlegungstag: **13.02.2014**

(51) Int Cl.: ***C03B 23/055*** (2006.01)
C03B 23/045 (2006.01)
C03B 23/08 (2006.01)

(62) Teilung in:
10 2012 025 610.8

(71) Anmelder:
SCHOTT AG, 55122, Mainz, DE

(74) Vertreter:
2K Patentanwälte Blasberg Kewitz & Reichel, Partnerschaft, 60325, Frankfurt, DE

(72) Erfinder:
Bartsch, Reiner, 95643, Tirschenreuth, DE; Biersack, Ralf, 95173, Schönwald, DE; Pulz, Wolfgang, 95666, Mitterteich, DE; Debreczeny, Csaba, 92637, Weiden, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

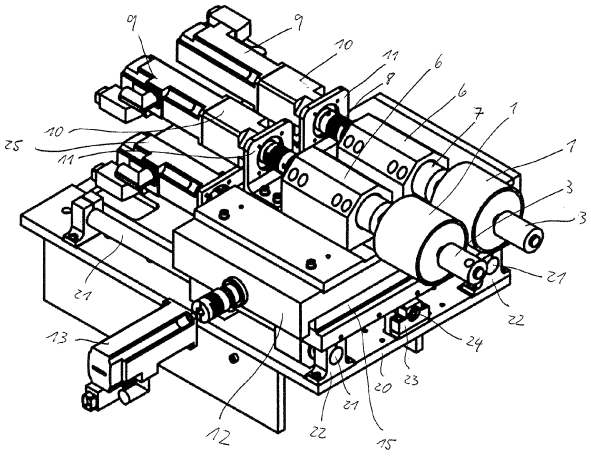
DE	**10 2006 015 223**	**B3**
DE	**198 56 892**	**A1**
DE	**10 07 962**	**A**
DE	**545 449**	**A**
JP	**2006- 315 919**	**A**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Umformen eines länglichen Glaskörpers sowie Verwendung hiervon**

(57) Zusammenfassung: Offenbart werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen eines länglichen Glaskörpers (81) in Form eines Glasrohrs oder Glasstabs mit einem Ausgangsprofil in einen länglichen Glaskörper mit einem anderen Profil. Ein länglicher Glaskörper (81) in einem heißen, plastisch verformbaren Zustand durchläuft zur Umformung einen Walzenspalt, der von Quetschwalzen (1) ausgebildet wird und eine Spaltbreite aufweist, die kleiner ist als eine Außenabmessung des Ausgangsprofils
Um eine höhere Präzision bei der Umformung zu bewirken, wird erfindungsgemäß die Lage von zumindest einer der Quetschwalzen, bevorzugt von beiden den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen, unter Beibehaltung der Spaltbreite permanent verändert, um eine Kontaktfläche zwischen der jeweiligen Quetschwalze und dem heißen Glaskörper permanent zu variieren. Störenden Effekten, wie beispielsweise einer lokalen Überhitzung der Quetschwalzen oder einer Anlagerung von Schmutz oder Glasteilchen auf der Oberfläche der Quetschwalzen, kann damit wirkungsvoll entgegengewirkt werden.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein die Herstellung von länglichen Glaskörpern unter Umformung eines Glaskörpers mit einem Ausgangsprofil in einem heißen, plastisch verformbaren Zustand zu einem Glaskörper mit einem davon abweichenden anderen Profil. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung die Herstellung von Glasrohren mit einem von der Kreisform abweichenden Profil mit hoher Präzision, beispielsweise als Ovalrohr oder plan-konvexer Glaskörper zur optischen Abbildung.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Als Ausgangsmaterial für derartige Glaskörper werden üblicherweise Glasrohre oder auch Glasstangen mit einem kreisrunden Profil verwendet, die dann in einem heißen, plastisch verformbaren Zustand zu dem gewünschten Profil umgeformt werden.

[0003] DE 545449 offenbart eine Vorrichtung zum Umformen von Glasrohren zu Glasrohren mit einem nicht-kreisrunden Profil, wobei die Glasrohre im erhitzten Zustand durch einen Walzenspalt gefördert werden. Eine Verstellung der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen während der Umformung wird jedoch nicht offenbart. DE 1007962 offenbart ein entsprechendes Verfahren zum Umformen von Glasrohren zu dünnen Isolierbändern oder Isolierschichten.

[0004] JP 2006315919 offenbart eine Vorrichtung zum Umformen von Glasrohren zu Glasrohren mit einem nicht-kreisrunden Profil. Die Positionen der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen können zum Einstellen des Profils des Glasrohrs nach der Umformung verstellt werden. Eine Verstellung der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen während der Umformung wird jedoch nicht offenbart.

[0005] Um ein vorbestimmtes Profil durch Umformung von Glasrohren zu erzielen, schlägt DE 19856892 A1 vor, den Durchmesser und die Wandstärke des Glasrohrs nach der Umformung kontinuierlich zu messen und einen an einen Rohrinnenraum anzulegenden Überdruck geeignet zu steuern oder zu regeln. Eine Verstellung der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen während der Umformung wird jedoch nicht offenbart.

[0006] DE 10 2006 015 223 A1 der Anmelderin offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines Glasrohrs mit einem von der Kreisform abweichenden Profil gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 11. Dabei durchläuft das Ausgangsglasrohr mit dem Ausgangsprofil zunächst eine Heißzone unter Ausbildung einer Ziehzwiebel und anschließend einen von einem Walzenpaar ausgebildeten Walzenspalt, in welchem die Ziehzwiebel zu einem Glasrohr mit einem anderen Profil umgeformt wird. Bei diesem Umformungsvorgang handelt es sich um ein Wiederziehen des Ausgangsglasrohrs. Während des Wiederziehens können die Positionen der den Walzenspalt bildenden Quetschwalzen in Glasrohrabzugsrichtung und/oder in Richtung senkrecht dazu verstellt werden. Diese Verstellung der Positionen der Quetschwalzen erfolgt zu dem Zweck, ein konstantes Profil des Glasrohrs nach der Umformung zu erzielen. Hierzu kann das Profil des Glasrohrs nach der Umformung auch vermessen und hierauf gesteuert oder geregelt werden. Die Verstellung der Positionen der Quetschwalzen erfolgt jedoch nicht permanent im Sinne der vorliegenden Anmeldung, wie nachfolgend offenbart.

[0007] Selbst wenn das Ausgangsglasrohr mit hoher Präzision hergestellt wird, führen die allgemeinen Bedingungen bei der Umformung und deren Fluktuationen zu einer Präzision, die für Anwendungen mit hoher geometrischer Genauigkeit nicht zufriedenstellend sind.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren sowie eine verbesserte Vorrichtung zur Umformung von Ausgangsglasrohren oder Ausgangsglasstäben zu Glasrohren oder Glasstäben mit einem vorbestimmten anderen Profil mit noch höherer Genauigkeit bereitzustellen. Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung sollen ferner ein verbessertes Verfahren sowie eine verbesserte Vorrichtung zur Herstellung solcher Glasrohre oder Glasstäbe bereitgestellt werden.

[0009] Diese Aufgaben werden durch ein Verfahren nach Anspruch 1 bzw. 10 sowie durch eine Vorrichtung nach Anspruch nach Anspruch 11 bzw. 21 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der rückbezogenen Unteransprüche.

[0010] Bei einem Verfahren zum Umformen eines länglichen Glaskörpers in Form eines Glasrohrs oder Glasstabs mit einem Ausgangsprofil zu einem länglichen Glaskörper mit einem anderen Profil durchläuft der längliche Glaskörper in einem heißen, plastisch verformbaren Zustand einen Walzenspalt, der von Quetschwalzen ausgebildet wird und eine Spaltbreite aufweist, die kleiner ist als eine Außenabmessung des Ausgangsprofils. Beim Durchlaufen des schmäleren Walzenspalts wird so das Glasrohr bzw. der Glasstab zu einem Glasrohr bzw. Glasstab mit dem gewünschten Profil umgeformt. Die Spaltbreite des Walzenspalts wird dabei präzise vorgegeben und aufrechterhalten, um die gewünschte Genauigkeit in der kleinen Achse zu erreichen. Die durch

Glasmengenschwankungen und dergleichen hervorgerufenen Schwankungen vor der Umformung werden dabei an den (häufig nicht so wichtigen) großen (ungequetschten) Außendurchmesser des Glasrohrs bzw. Glasstabs „weiterzugeben". In der Erstreckungsrichtung des Walzenspalts können die Dimensionen somit sehr präzise vorgegeben werden.

[0011] Erfindungsgemäß wird die Lage von zumindest einer der Quetschwalzen unter Beibehaltung der Spaltbreite permanent so verändert, dass eine Kontaktfläche zwischen der jeweiligen Quetschwalze und dem heißen Glaskörper permanent variiert. Durch diese überraschend einfache Maßnahme können erfindungsgemäß Glaskörper mit noch höherer Präzision hergestellt werden. Denn die Kontaktfläche zwischen dem heißen Glas und den Quetschwalzen ändert sich erfindungsgemäß ständig. Dadurch werden diverse Probleme gegenüber herkömmlichen Quetschböcken mit einer (quasi-)fixen Position des Quetschwalzen verhindert. Quasi-fix bedeutet in diesem Zusammenhang insbesondere, dass die Kontaktposition der Walzen mit dem heißen Glas nicht veränderlich ist. Verletzungen in der Glasoberfläche durch zu heiße Walzen, kleine Glaspartikel oder dergleichen können aus der Oberfläche des Glaskörpers beim Quetschen herausgerissen werden und stören somit die weitere Umformung nicht weiter. Unterschiedliche Temperaturen auf der Oberfläche der Quetschwalzen, die herkömmlich zu unterschiedlichen Spaltmaßen führen und somit zu schlechten Toleranzen aufgrund einer Veränderung der Kontaktfläche führten, können so ebenfalls verringert werden. Ferner kann eine unerwünschte Überhitzung der Kontaktfläche zwischen Glaskörper und Quetschwalzen vermieden werden, die herkömmlich häufig zu deutlich sichtbaren unerwünschten „Hitzespuren" auf der Außenoberfläche des Glaskörpers geführt hatten. Die Quetschwalzen können bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auch länger verwendet werden, insbesondere ist ein maschinelles Polieren der Quetschwalzen vor deren Wiederverwendung erfindungsgemäß, wenn überhaupt, dann jedenfalls wesentlich seltener erforderlich. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich auch eine ruhigere und gleichmäßigere Außenoberfläche des Glaskörpers erzielen.

[0012] Auf Grund der kontinuierlichen Verstellung können die Quetschwalzen grundsätzlich auch ohne Kühlung betrieben werden, was bei einem herkömmlichen Verfahren häufig zu zusätzlichen Problemen mit der Maßhaltigkeit des gequetschten Glaskörpers geführt hatte.

[0013] Bevorzugt wird der Walzenspalt von zwei einander gegenüberliegenden Quetschwalzen ausgebildet, die parallel zueinander verlaufend verschieblich gelagert sind. Wenngleich es grundsätzlich ausreichend sein kann, wenn die Lage von nur einer dieser beiden Quetschwalzen permanent (axial) verstellt wird, wird erfindungsgemäß bevorzugt die Lage von beiden Quetschwalzen permanent in Ihrer Lage (axial) verstellt werden. Bevorzugt werden diese beiden Quetschwalzen gemeinsam und synchron zueinander axial verstellt.

[0014] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Lage der zumindest einen Quetschwalze bzw. bevorzugt der beiden Quetschwalzen durch permanentes axiales Verstellen der Quetschwalzen entsprechend einer vorbestimmten Bewegungsfunktion verändert wird. Diese Bewegungsfunktion wird zweckmäßig überwiegend stetig ausgeführt und kann beispielsweise entsprechend einem Sägezahn- oder Sinussignal ausgeführt werden, wobei darauf zu achten ist, dass ein allzu langes Verharren der Quetschwalze(n) an der gleichen Position zu vermeiden ist, weil dann die Nachteile von herkömmlichen Umformverfahren wieder auftreten würden.

[0015] Gemäß einer bevorzugten weiteren Ausführungsform wird die Bewegungsfunktion als zyklische Hin- und Herbewegung der jeweiligen Quetschwalze oder bevorzugt der beiden den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen in deren axialer Richtung ausgeführt. Bevorzugt ist diese Hin- und Herbewegung zeitlich symmetrisch.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Bewegungsfunktion in diskreten Schritten gleicher Schrittgröße ausgeführt, was die Umsetzung der Bewegungsfunktion mittels handelsüblicher Synchronmotoren oder Schrittmotoren oder dergleichen begünstigt.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird eine Drehbewegung der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen jeweils separat angetrieben. Dies ermöglicht eine hochgenaue Einstellung des Profils des Glaskörpers nach der Umformung, beispielsweise der ovalen Form eines herzustellenden Ovalrohrs. Die Quetschwalzen werden dabei bevorzugt auf die Geschwindigkeit synchronisiert, mit der der Glaskörper den Walzenspalt durchläuft.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Drehbewegung der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen jeweils synchron oder mit einem vorbestimmten konstanten Offset angetrieben, sodass man die Ziehgeschwindigkeit des Glaskörpers durch den Walzenspalt ändern und die Geschwindigkeit der Quetschwalzen automatisch mit ändern kann.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird eine Außenabmessung und/oder Innenabmessung des anderen Profils stromabwärts des Walzenspalts erfasst und ein die Umformung des heißen, plastisch verformbaren Glaskörpers zu einem Glaskörper mit

dem anderen Profil betreffender Parameter in Entsprechung zu der erfassten Außenabmessung und/oder Innenabmessung des anderen Profils gesteuert oder geregelt, um die Außenabmessung und/oder Innenabmessung des anderen Profils konstant zu halten.

[0020] Hierzu kann beispielsweise der Außendurchmesser und/oder der Innendurchmesser mittels eines optischen Messverfahrens, das stromabwärts von dem Walzenspalt und zweckmäßig noch vor einer Ziehmaschine ausgeführt wird, die den Glaskörper durch den Walzenspalt abzieht, permanent gemessen und überwacht werden. Im Falle einer unerwünschten Änderung kann dann der relevante Parameter nachgesteuert oder -geregelt werden, um eine noch höhere Präzision zu erzielen.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden die den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen automatisch vermessen, insbesondere deren Rundlaufgenauigkeit und/oder Außendurchmesser, und diese mittels einer Regelung so zueinander positioniert, dass die Rundlauffehler und/oder Außendurchmesservariation, bezogen auf den Spaltabstand ein Minimum ergeben.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der Parameter die Spaltbreite des Walzenspalts, eine jeweilige Drehzahl oder Drehzahldifferenz der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen oder ein an einen Innenraum des als Glasrohr ausgebildeten plastisch verformbaren Glaskörpers angelegter Überdruck.

[0023] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird der Glaskörper entsprechend der stromabwärts des Walzenspalts erfassten Außenabmessung und/oder Innenabmessung markiert und/oder sortiert. Somit können Chargen mit vorbestimmten Toleranzen einfacher erstellt werden.

[0024] Ein weiterer Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines länglichen Glaskörpers in Form eines Glasrohrs oder Glasstabs, bei welchem Verfahren der längliche Glaskörper aus einer Glasschmelze zu einem Glasrohr oder Glasstab mit einem Ausgangsprofil abgezogen wird und das Glasrohr oder der Glasstab mittels eines Verfahrens, wie vorstehend ausgeführt, in einem heißen, plastisch verformbaren Zustand zu einem Glasrohr oder Glasstab mit einem anderen Profil umgeformt wird.

[0025] Um die vorgenannte Verstellung der Quetschwalzen zu erzielen, ist den Quetschwalzen und bevorzugt jeder der Quetschwalzen zumindest eine Verstelleinrichtung zugeordnet. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Verstelleinrichtung einen Verschiebetisch und einen Verstellmotor zum Verstellen des Verschiebetisches, wobei die Quetschwalzen auf dem Verschiebetisch gelagert sind, der Verschiebetisch in Axialrichtung der Quetschwalzen verschieblich gelagert ist und der Verstellmotor mit dem Verschiebetisch gekoppelt ist, um das axiale Verstellen der zumindest einen Quetschwalze bzw. der beiden den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen durch Verschieben des Verschiebetisches zu bewirken.

FIGURENÜBERSICHT

[0026] Nachfolgend wird die Erfindung in beispielhafter Weise und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben werden, woraus sich weitere Merkmale, Vorteile und zu lösende Aufgaben ergeben werden. Es zeigen:

[0027] **Fig.** 1 in einer schematischen Darstellung eine Glasrohrherstellungsanlage gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0028] **Fig.** 2 in einer Vorderansicht eine Vorrichtung zum Umformen gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0029] **Fig.** 3 die Vorrichtung nach der **Fig.** 2 in einer Seitenansicht;

[0030] **Fig.** 4a die Vorrichtung nach der **Fig.** 2 in einer Draufsicht ohne eine einer Abschirmung des Umformbereichs dienenden Abdeckung;

[0031] **Fig.** 4b die Vorrichtung nach der **Fig.** 2 in einer Draufsicht mit der einer Abschirmung des Umformbereichs dienenden Abdeckung;

[0032] **Fig.** 5a in einer perspektivischen Vorderansicht eine Vorrichtung zum Umformen gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ohne einen einer Abschirmung des Umformbereichs dienenden Abdeckung;

[0033] **Fig.** 5b in einer perspektivischen Vorderansicht die Vorrichtung nach der **Fig.** 5a mit dem einer Abschirmung des Umformbereichs dienenden Abdeckung;

[0034] **Fig.** 6 in einer perspektivischen Draufsicht den oberen Bereich der Vorrichtung nach der **Fig.** 2 mit den Quetschwalzen; und

[0035] **Fig.** 7a bis **Fig.** 7c drei Beispiele für Glasrohre, die mittels einer Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung durch Umformung ausgebildet werden.

[0036] In den Figuren bezeichnen identische Bezugszeichen identische oder im Wesentlichen gleichwirkende Elemente oder Elementgruppen.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

[0037] Gemäß der **Fig.** 1 umfasst die insgesamt mit **80** bezeichnete Anlage ein Gestell **89**, an dem zwei Quetschwalzen **1** zum Umformen des in deren Walzenspalt einlaufenden Glasrohrstrangs **81** sowie stromabwärts davon zwei Umlenkrollen **2** gelagert sind, um den umgeformten Glasrohrstrang in Richtung der Ziehmaschine **82** mit den beiden Zugrollenpaaren **83**, **84** umzulenken. Ein Gehäusedeckel **45**, in welchem die Quetschwalzen **1** angeordnet sind, schirmt den Umformungsbereich im Bereich der Quetschwalzen **1** vor der Außenumgebung ab.

[0038] Der Außendurchmesser des Glasrohrstrangs **81** wird mit Hilfe eines Messgeräts **86** bevorzugt berührungsfrei und ganz besonders bevorzugt optisch gemessen. Der Innendurchmesser des Glasrohrstrangs **81** wird mit Hilfe eines Messgeräts **87** optisch gemessen, insbesondere mit Hilfe eines Triangulationsverfahrens. Der Messort des Messgeräts **87** befindet sich bevorzugt möglichst nahe an dem Messort des Messgeräts **86**. Ferner werden die beiden Quetschwalzen **1** automatisch vermessen, beispielsweise mittels induktiver Wegmessung **91**, und der Rundlauffehler und/oder die Außendurchmesserschwankungen der Quetschwalzen bestimmt.

[0039] Wie durch die Verbindungslinien in der **Fig.** 1 angedeutet, werden die relevanten Komponenten der Anlage **80** von einer Steuerungs- oder Regelungseinrichtung **88** gesteuert oder geregelt, insbesondere von einer CPU basierend auf einer hierzu ausgelegten Software. Damit kann auf einen konstanten Außendurchmesser der Glasrohre bzw. Glasstäbe gesteuert oder geregelt werden, oder auf eine konstante Wandstärke des Glasrohrs oder so, dass der Rundlauffehler der Quetschwalzen **1** bezogen auf die Breite des von diesen ausgebildeten Walzenspalts ein Minimum ergeben.

[0040] Die **Fig.** 2 zeigt in einer Vorderansicht eine Vorrichtung zum Umformen gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. An einem auf dem Boden **90** abgestützten Maschinengestell **89** ist eine Grundplate **30** befestigt, an der der Verschiebetisch **35** vertikal verschiebbar gelagert ist, um eine Einstellung der Höhe der Quetschwalzen **1** zu ermöglichen. Diese Höhenverstellung kann manuell mit Hilfe des Handrads **33** erfolgen, aber auch motorisch erfolgen.

[0041] An der Grundplate **30** sind zwei Führungsstangen **32** befestigt, welche den Verschiebetisch vertikal führen. Die Verstellung wird mittels einer Gewindespindel **34** bewerkstelligt, die einerseits in das als Vertikal-Verstelleinrichtung wirkende Handrad **33** und andererseits in den Verschiebetisch **35** eingreift oder damit gekoppelt ist.

[0042] Gemäß der **Fig.** 2 ist die Trägerplatte **20**, an welcher die Quetschwalzen (nicht dargestellt) gelagert sind, über einen horizontalen Adapter **38** und einen vertikalen Adapter **37** mit dem Verschiebetisch **35** verbunden. Durch Verstellen des Handrads **33** kann somit die Höhe der Quetschwalzen **1** eingestellt werden. Die Höhe wird dabei so eingestellt, dass entlang des sich in der Abzugsrichtung rasch abkühlenden Glasrohrstrangs ein Temperaturbereich bereitgestellt wird, in welchem der Glasrohrstrang geeignet plastisch ist, um präzise umgeformt werden zu können. Diese Höhe kann einmalig, beispielsweise bei Inbetriebnahme der Anlage, eingestellt werden oder kontinuierlich oder zyklisch mittels der Steuerung oder Regelung **88** nachjustiert werden.

[0043] Gemäß der **Fig.** 2 können die Höhe der Umlenkrollen **2** und deren Stellung in einer Richtung quer zur Abzugsrichtung des Glasrohrstrangs unabhängig voneinander mittels der Höhenverstellungen **51** und **53** sowie mittels der Querverstellungen **52** und **54** präzise eingestellt oder nachjustiert werden.

[0044] Die **Fig.** 3 zeigt die Vorrichtung nach der **Fig.** 2 in einer Seitenansicht.

[0045] Der weitere Aufbau zur Verstellung der Quetschwalzen **1** ergibt sich am übersichtlichsten aus der Zusammenschau der Draufsicht gemäß der **Fig.** 4a und der Perspektivansicht gemäß der **Fig.** 6. Die beiden einen Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen **1** sind an einem Verschiebetisch **12** gelagert, der die beiden Quetschwalzen **1** trägt. Der Verschiebetisch **12** kann mit Hilfe des Verstellmotors **25** in Axialrichtung der Quetschwalzen **1** verstellt werden, um so die beiden Quetschwalzen gemeinsam axial zu verstellen.

[0046] Gemäß einer weiteren Ausführungsform (nicht gezeigt) können die beiden einen Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen **1** an einem zweiteilig ausgebildeten Verschiebetisch **12** gelagert sein, dessen eine Hälfte eine der Quetschwalzen **1** trägt und dessen andere Hälfte die andere der beiden Quetschwalzen **1** trägt. Während die eine Hälfte des Verschiebetisches **12** gemäß dieser Ausführungsform während der Umformung ortsfest gehalten wird, kann die andere Hälfte des Verschiebetisches **12** mit Hilfe des Verstellmotors **25** in Axialrichtung der Quetschwalzen **1** relativ zu der ersten Hälfte des Verschiebetisches **12** verstellt werden.

[0047] Zur Führung des Verschiebetisches **12** sind an der Trägerplatte **20** zwei zueinander parallele Führungsstangen **21** an jeweiligen Lagerböcken **22** gelagert. Auf der Unterseite des Verschiebetisches **12** vorgesehene Gleitelemente (nicht dargestellt), welche in die Führungsstangen **21** eingreifen, führen die axiale Verstellung des Verschiebetisches. Zur Verstellung des Verschiebetisches ist weiterhin eine Ver-

stell-Gewindespindel **24** an der Trägerplatte befestigt, die von dem Verstellmotor **25** drehangetrieben wird und in ein Gegengewinde (nicht dargestellt) auf der Unterseite des Verschiebetisches **12** eingreift.

[0048] Der Verstellmotor **25** ist dabei als Synchronmotor ausgebildet, kann jedoch auch als Schrittmotor ausgeführt sein, um eine schrittweise axiale Verstellung zu ermöglichen, wie nachfolgend näher ausgeführt.

[0049] Gemäß der **Fig.** 6 ist dem Verschiebetisch **12** ferner eine quer verlaufende Führungsschiene **15** vorgesehen, die die Verstellung des Verschiebetisches (oder gemäß der vorgenannten alternativen Ausführungsform der einen relativ zu der anderen Hälfte des Verschiebetisches **12**) bei der Verstellung der Spaltbreite des Walzenspalts führt. Zur Einstellung der Spaltbreite des Walzenspalts ist ein Verstellmotor **13** vorgesehen, der an der Trägerplatte **20** befestigt ist. Dadurch kann die verstellbare Quetschwalze **1** relativ zu der anderen, ortsfest gelagerten Quetschwalze verstellt werden.

[0050] Es sei darauf hingewiesen, dass grundsätzlich auch beiden Quetschwalzen **1** axial verstellt werden können.

[0051] Zum Antreiben der Drehbewegung der Quetschwalzen **1** sind die beiden Servomotoren **9** vorgesehen, die über ein jeweiliges Getriebe **10** und eine jeweilige Kupplung **8** mit der zugeordneten Quetschwalze **1** gekoppelt sind. Die Kupplung **8** ist in einem Kupplungsgehäuse aufgenommen, deren vorderes flanschartiges Ende **11** von der Kupplung **8** teilweise durchgriffen wird. Die Kupplung **8** koppelt mit einer Spindelwelle **4**, die mittels Lagern **5**/Spindellagern **7** in einem jeweiligen als Gehäuse ausgebildeten Lagerblock **6** gelagert ist. Die Quetschwalzen **1** sind können an Befestigungsflanschen am vorderen Ende der jeweiligen Spindelwelle **4** befestigt sein.

[0052] In das vordere Ende der Quetschwalzen **1** greift eine jeweilige Drehdurchführung **3** ein, die mittels Luft oder eines Fluids, wie beispielsweise Wasser, gekühlt werden kann, um die Quetschwalzen weiter abzukühlen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass aufgrund der erfindungsgemäß permanent ausgeführten axialen Verstellung der Quetschwalzen **1** während der Umformung des Glasrohrs eine solche Kühlung nicht unbedingt notwendig ist.

[0053] Es ist möglich, die Drehgeschwindigkeit der beiden Quetschwalzen **1** separat zu steuern. Weiterhin wird diese Drehgeschwindigkeit hochgenau digital erfasst und angezeigt. Das ist vorteilhaft bei der Einstellung der Form des Ovalrohres.

[0054] Es ist möglich die Drehgeschwindigkeit der Quetschwalzen **1** mit der Geschwindigkeit der Ziehmaschine **82** (vgl. **Fig.** 1) am Zug zu synchronisieren bzw. mit einem festen Offset aneinander zu koppeln. Das heißt, man kann die Ziehgeschwindigkeit des Zuges ändern und die Geschwindigkeit der Quetschwalzen wird automatisch mit geändert.

[0055] Wie man in der **Fig.** 4b erkennen kann, sind die Quetschwalzen im Betriebszustand gemeinsam in einem Gehäuse **45** untergebracht und von einer weiteren Abdeckung **46** abgedeckt, in welcher eine Öffnung **47** ausgebildet ist, durch welche der Glasrohrstrang von oben in den Walzenspalt zur Umformung einläuft.

[0056] Während der Umformung des Glasrohrstrangs im Walzenspalt wird die Lage von bevorzugt beiden Quetschwalzen **1** gemeinsam durch permanentes axiales Verstellen der Lage der Quetschwalzen entsprechend einer vorbestimmten Bewegungsfunktion verändert. Bei dieser Bewegungsfunktion handelt es sich bevorzugt um eine zyklische Hin- und Herbewegung der jeweiligen Quetschwalze **1** in deren axialer Richtung entsprechend einer Sägezahn- oder Sinusfunktion oder einer vergleichbaren bevorzugt zeitlich stetig ausgeführten Bewegungsfunktion. Diese wird dabei in diskreten Schritten gleicher Schrittgröße ausgeführt.

[0057] Der präzise Aufbau der Anlage ermöglicht die mikrometergenaue Zustellung der beweglichen Quetschwalze gegen die feststehende Quetschwalze. Störungen im Bereich des Walzenspalts werden einerseits durch die Abdeckungen **46** und **47** reduziert und können andererseits mittels der Steuerung oder Regelung **88** minimiert werden, wie vorstehend anhand der **Fig.** 1 beschrieben. Insbesondere können die Temperatureinflüsse im Bereich des Walzenspalts messtechnisch über ein Pyrometer erfasst werden und der Walzvorgang entweder manuell oder automatisch ausgeregelt werden. Durch den Aufbau der Anlage ist die mikrometergenaue Manipulation des Innendurchmessers eines gequetschten Rohres in einer bisher nicht gekannten Genauigkeit (gemessen wurden beispielsweise ±20 µm) möglich. Die Quetschwalzen können in Mikrograden lagegeregelt werden, sodass der jeweils geringste Spaltbreitenfehler der beiden Quetschwalzen ermittelt werden kann. Die gleichlaufgeregelten Rotationsachsen der Quetschwalzen können steuerungstechnisch mit einer Differenzgeschwindigkeit gefahren werden, um Krümmungseffekten, bedingt durch die Umlenkung des Glasstranges, vorzubeugen. Die Abzugsgeschwindigkeit wird durch die Ziehmaschine vorgegeben, die Walzgeschwindigkeit kann mit einer davon abweichenden Geschwindigkeit betrieben werden, um entweder einen Durchhang zu erzeugen oder einen Zug auf den Glasstrang auszuüben, welcher sich maßgeblich auf die Geometrie des gequetschten Rohres auswirkt. Der Steuer- und Regelkreis der Anlage wird aus einem optischen Mess-

system, dass die Innenspaltbreite des gequetschten Rohres mikrometergenau vermisst und den Präzisionsstellmotoren der jeweiligen Achsen (Rotationsachsen der Walzen, Zustellachsen) gebildet. Weiterhin wird das Walzenpaar über einen weiteren Stellmotor schrittweise verfahren, um einen vorzeitigen Verschleiß der Walzen, bedingt durch den hohen Temperatureinfluss des noch plastischen Glases zu minimieren.

[0058] Die Anlage und speziell die Quetschwalzen können luft- bzw. wassergekühlt werden, um die Temperatureinflüsse durch die am Einsatzort gegebenen Bedingungen zu minimieren.

[0059] Die **Fig.** 5a und **Fig.** 5b zeigen zwei weitere Perspektivansichten einer Vorrichtung zur Umformung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0060] Die **Fig.** 7a bis **Fig.** 7c zeigen verschiedene Beispiele für Glasrohre mit nicht-kreisrundem Querschnitt, die nach der vorliegenden Erfindung mit hoher Präzision hergestellt werden können.

[0061] Gemäß der **Fig.** 7a ist ein Ovalrohr **100** ausgebildet, dessen Höhe H kleiner ist als die maximale Querabmessung L. Die lichte Weite in Richtung der kleinen Halbachse ist mit h bezeichnet. Die Wandstärke eines solchen Ovalrohrs kann über den gesamten Umfang konstant sein oder, so wie in der **Fig.** 7a dargestellt, stetig und spiegelsymmetrisch variieren. Ein solches Ovalrohr kann beispielsweise als Vorsatzfilter für LEDs von Flachbildschirmen verwendet werden. Eine um 30% höhere Lichtausbeute konnte festgestellt werden.

[0062] Gemäß der **Fig.** 7b ist das umgeformte Rohr **100** im Wesentlichen rechteckförmig, mit halbkreisförmig gerundeten Seitenkanten und zwei zueinander parallel verlaufenden Längsseiten **101** mit konstanter Wandstärke.

[0063] Gemäß der **Fig.** 7c weist das Glasrohr **100** eine plane Längsseite **102** sowie eine spiegelsymmetrisch und konvex gekrümmte Fläche **103** auf, wobei die Biegeradien in den beiden Eckbereichen **104** sehr klein sind.

[0064] Weitere Anwendungsgebiete solcher Glasrohre sind beispielsweise: Ovalrohre mit hoher geometrischer Genauigkeit für die Verwendung von hermetischen Verpackungen für Halbleiter-Nanopartikel, bei denen eine hohe geometrische Genauigkeit (Spaltmaß) wichtig ist; Kolben- bzw. Hüllrohre für Entladungslampen, insbesondere Blitzlampen bei denen das Einbaumaß, jedoch nicht die Lichtausbeute minimiert werden soll.

[0065] Bezugnehmend auf die **Fig.** 1 kann das Glasrohr entsprechend der stromabwärts des Walzenspalts mittels der Messgeräte **86**, **87** erfassten Außenabmessung und/oder Innenabmessung markiert werden, beispielsweise durch Beschriften oder mittels Lasermarkieren. Weiterhin kann das Glasrohr entsprechend der stromabwärts des Walzenspalts mittels der Messgeräte **86**, **87** erfassten Außenabmessung und/oder Innenabmessung auch sortiert werden.

[0066] Für eine Vorrichtung zum Quetschen von zähplastischem Glasrohr mit einer Innendurchmessertoleranz von +/20 µm liegen die Anforderungen an die Toleranzen der Komponenten im Allgemeinen bei einer 10-fachen Genauigkeit der Toleranzvorgabe. Um die Kosten noch in einem erträglichen Rahmen zu halten, wurden die Einzelkomponenten der Vorrichtung auf max. +/–3 µm toleriert. Zu beachten ist der Temperatureinfluss, da eine Temperaturänderung von 1 K zu einer Spaltmaßänderung von 1 µm führt. Mittels eines Kühlsystems kann deshalb optional die Temperatur der Anlage möglichst konstant gehalten werden. Die Walzenoberflächen heizen sich aber durch den Glasstrang üblicherweise unkontrolliert auf, was durch die vorstehend beschriebene permanente axiale Verstellung von zumindest einer der Quetschwalzen und bevorzugt von beiden den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen vermieden werden kann. Dies kann durch eine permanente Überwachung und Steuerung oder Regelung der Spaltbreite des Walzenspalts weiter unterstützt werden.

[0067] Wenngleich vorstehend beschrieben wurde, dass die Vorrichtung zur Umformung von Glasrohren eingesetzt wird, kann die Vorrichtung in entsprechender Weise auch zur Umformung von Glasstäben eingesetzt werden. Bevorzugt hat das Ausgangsglasrohr bzw. der Ausgangsglasstab einen kreisrunden Querschnitt und erfolgt dann die Umformung zu einem davon abweichenden Profil.

Bezugszeichenliste

1	Quetschwalzen
2	Umlenkrollen
3	Drehdurchführung
4	Spindelwelle
5	Lager
6	Lagerblock
7	Spindellager
8	Kupplung
9	Servomotor
10	Getriebe
11	Flansch
12	Verschiebetisch
13	Spaltmaßverstellung
15	Führungsstange
20	Trägerplatte
21	Führungsstange
22	Lagerblock

23	Verstellspindel (für axiale Walzenverstellung)
24	Lagerblock
25	Motor (für axiale Walzenverstellung)
30	Grundplatte
31	Führungsstange
32	Lagerblock
33	Drehrad (Höhenverstellung)
34	Verstellspindel
35	Verschiebetisch
37	Adapter
38	Adapter
45	Gehäusedeckel mit Kühlung
46	Abdeckung
47	Öffnung
50	Haltesteg
51	Höhenverstellung
52	Querverstellung
53	Höhenverstellung
54	Querverstellung
80	Glasrohrherstellungsanlage
81	Glasrohrstrang
82	Ziehmaschine
83	Zugrollenpaar
84	Zugrollenpaar
85	Gestell
86	Außendurchmesser-Messgerät
87	Innendurchmesser-Messgerät
88	Zentrale Steuerung oder Regelung
89	Gestell
90	Boden
100	Glasrohr
101	Längsseite
102	plane Längsseite
103	konvex gekrümmte Seite
104	Eckbereich

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 545449 [0003]
- DE 1007962 [0003]
- JP 2006315919 [0004]
- DE 19856892 A1 [0005]
- DE 102006015223 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umformen eines länglichen Glaskörpers (**81**) in Form eines Glasrohrs oder Glasstabs mit einem Ausgangsprofil in einen länglichen Glaskörper mit einem anderen Profil, bei welchem Verfahren der längliche Glaskörper (**81**) in einem heißen, plastisch verformbaren Zustand einen Walzenspalt durchlauft, der von Quetschwalzen (**1**) ausgebildet wird und eine Spaltbreite aufweist, die kleiner ist als eine Außenabmessung des Ausgangsprofils, wobei die Lage von zumindest einer der Quetschwalzen unter Beibehaltung der Spaltbreite permanent verändert wird, um eine Kontaktfläche zwischen der jeweiligen Quetschwalze und dem heißen Glaskörper permanent zu variieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Lage der jeweiligen Quetschwalze (**1**) durch permanentes axiales Verstellen der jeweiligen Quetschwalze mit einer vorbestimmten Bewegungsfunktion verändert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Bewegungsfunktion eine zyklische Hin- und Herbewegung der jeweiligen Quetschwalze in deren axialer Richtung ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Bewegungsfunktion in diskreten Schritten gleicher Schrittgröße ausgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Drehbewegung der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen jeweils separat angetrieben wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Drehbewegung der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen jeweils synchron oder mit einem vorbestimmten konstanten Offset angetrieben wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Außenabmessung und/oder Innenabmessung des anderen Profils stromabwärts des Walzenspalts erfasst wird und ein die Umformung des heißen, plastisch verformbaren Glaskörpers zu einem Glaskörper mit dem anderen Profil betreffender Parameter in Entsprechung zu der erfassten Außenabmessung und/oder Innenabmessung des anderen Profils gesteuert oder geregelt wird, um die Außenabmessung und/oder Innenabmessung des anderen Profils konstant zu halten.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Parameter die Spaltbreite des Walzenspalts, eine jeweilige Drehzahl oder Drehzahldifferenz der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen oder ein an einen Innenraum des als Glasrohr ausgebildeten plastisch verformbaren Glaskörpers angelegter Überdruck ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Glaskörper entsprechend der stromabwärts des Walzenspalts erfassten Außenabmessung und/oder Innenabmessung markiert und/oder sortiert wird.

10. Verfahren zum Herstellen eines länglichen Glaskörpers in Form eines Glasrohrs oder Glasstabs, bei welchem Verfahren der längliche Glaskörper aus einer Glasschmelze zu einem Glasrohr oder Glasstab mit einem Ausgangsprofil abgezogen wird und das Glasrohr oder der Glasstab mittels eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche in einem heißen, plastisch verformbaren Zustand zu einem Glasrohr oder Glasstab mit einem anderen Profil umgeformt wird.

11. Vorrichtung zum Umformen eines länglichen Glaskörpers (**81**) in Form eines Glasrohrs oder Glasstabs mit einem Ausgangsprofil in einen länglichen Glaskörper mit einem anderen Profil, mit Quetschwalzen (**1**), die einen Walzenspalt mit einer Spaltbreite ausbilden, die kleiner ist als eine Außenabmessung des Ausgangsprofils, und einer Fördereinrichtung (**82**–**84**), um den länglichen Glaskörper mit dem Ausgangsprofil durch den Walzenspalt zu fördern, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Quetschwalzen (**1**) so gelagert und verstellbar sind, dass die Lage von zumindest einer der Quetschwalzen unter Beibehaltung der Spaltbreite permanent verändert wird, um eine Kontaktfläche zwischen der jeweiligen Quetschwalze und dem heißen Glaskörper permanent zu variieren.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei den Quetschwalzen (**1**) eine Verstelleinrichtung (**25**) zugeordnet ist, die so ausgelegt oder gesteuert ist, dass die Lage der jeweiligen Quetschwalze (**1**) durch permanentes axiales Verstellen der jeweiligen Quetschwalze mit einer vorbestimmten Bewegungsfunktion verändert wird.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die den Quetschwalzen (**1**) zugeordnete Verstelleinrichtung (**25**) so ausgelegt oder gesteuert ist, dass eine zyklische Hin- und Herbewegung der jeweiligen Quetschwalze in deren axialer Richtung als Bewegungsfunktion bewirkt ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, wobei die den Quetschwalzen (**1**) zugeordnete Verstelleinrichtung (**25**) so ausgelegt oder gesteuert ist, dass die Bewegungsfunktion in diskreten Schritten gleicher Schrittgröße ausgeführt wird.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die Verstelleinrichtung einen Verschiebetisch (**12**) und einen Verstellmotor (**25**) zum Verstel-

len des Verschiebetisches umfasst, wobei die Quetschwalzen (**1**) auf dem Verschiebetisch (**12**) gelagert sind, der Verschiebetisch (**12**) in Axialrichtung der Quetschwalzen (**1**) verschieblich gelagert ist und der Verstellmotor mit dem Verschiebetisch gekoppelt ist, um das axiale Verstellen der jeweiligen Quetschwalze durch Verschieben des Verschiebetisches (**12**) zu bewirken.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, weiterhin umfassend zumindest einen Antriebsmotor (**9**), der den den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen zugeordnet ist, um eine Drehbewegung dieser Quetschwalzen separat anzutreiben.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei der zumindest eine Antriebsmotor (**9**) so ausgelegt oder gesteuert ist, dass die den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen jeweils synchron oder mit einem vorbestimmten konstanten Offset angetrieben werden.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, weiterhin umfassend
ein Messgerät (**86**, **87**), das stromabwärts des Walzenspalts angeordnet ist, um eine Außenabmessung und/oder Innenabmessung des anderen Profils stromabwärts des Walzenspalts zu erfassen; und
eine Steuer- oder Regelungseinrichtung (**88**), die ausgelegt ist, um einen die Umformung des heißen, plastisch verformbaren Glaskörpers zu einem Glaskörper mit dem anderen Profil betreffenden Parameter in Entsprechung zu der erfassten Außenabmessung und/oder Innenabmessung des anderen Profils so zu steuern oder zu regeln, dass die Außenabmessung und/oder Innenabmessung des anderen Profils konstant gehalten ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei der Parameter die Spaltbreite des Walzenspalts, eine jeweilige Drehzahl oder Drehzahldifferenz der den Walzenspalt ausbildenden Quetschwalzen oder ein an einen Innenraum des als Glasrohr ausgebildeten plastisch verformbaren Glaskörpers angelegter Überdruck ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, weiterhin umfassend eine Markierungs- und/oder Sortiereinrichtung, um den Glaskörper entsprechend der stromabwärts des Walzenspalts erfassten Außenabmessung und/oder Innenabmessung zu markieren und/oder sortieren.

21. Vorrichtung zum Herstellen eines länglichen Glaskörpers in Form eines Glasrohrs oder Glasstabs, mit
einer Anlage zum Ziehen des länglichen Glaskörpers (**81**) aus einer Glasschmelze zu einem Glasrohr oder Glasstab mit einem Ausgangsprofil; und
einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 18 zum Umformen des länglichen Glaskörpers (**81**) mit dem Ausgangsprofil in einem heißen, plastisch verformbaren Zustand in einen länglichen Glaskörper mit einem anderen Profil.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

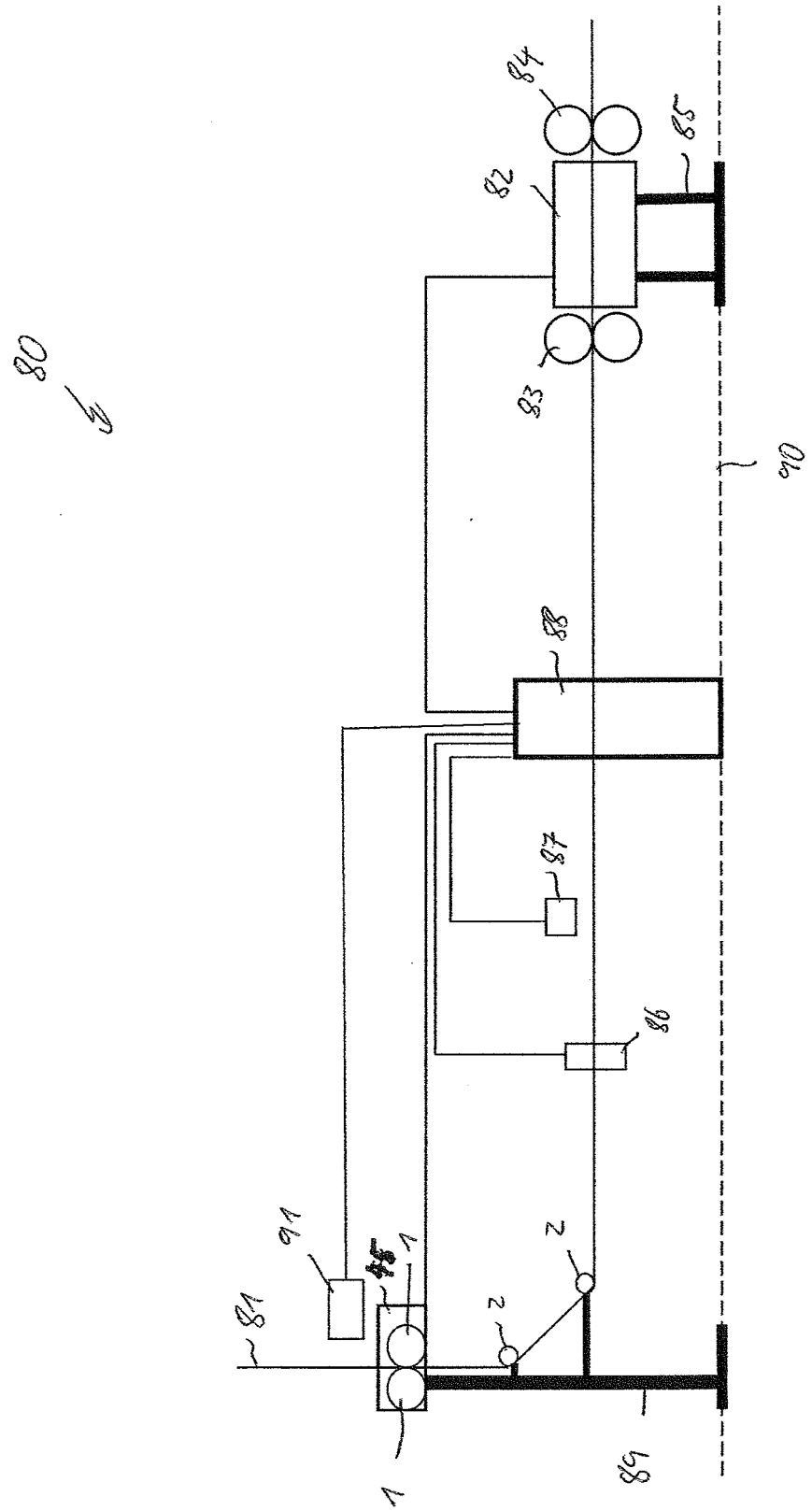


Fig. 1

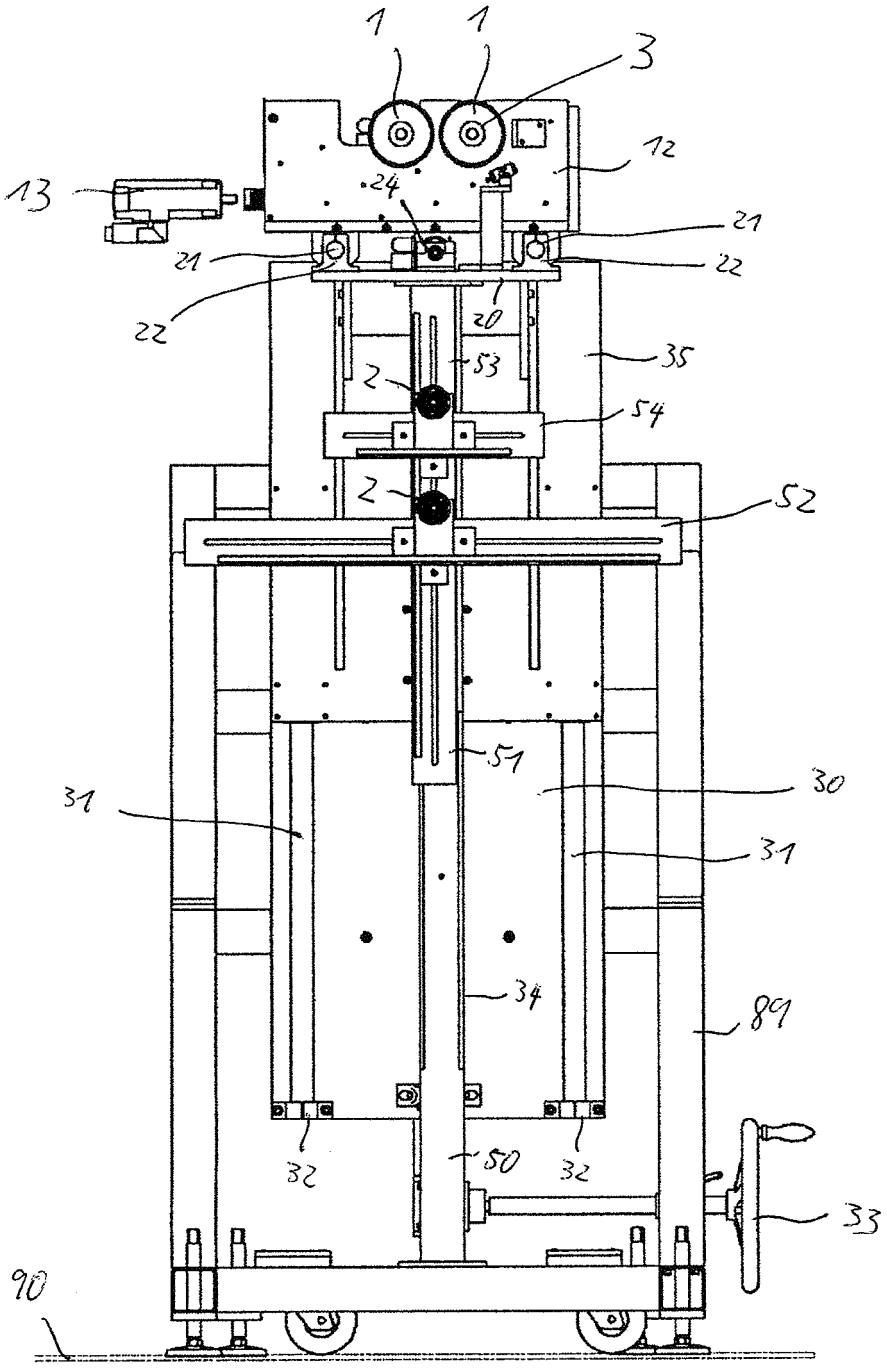

1
1
3
12
13
24
21
21
22
22
20
35
53
2
54
2
52
51
30
31
31
34
89
32
50
32
33
90

Fig. 2

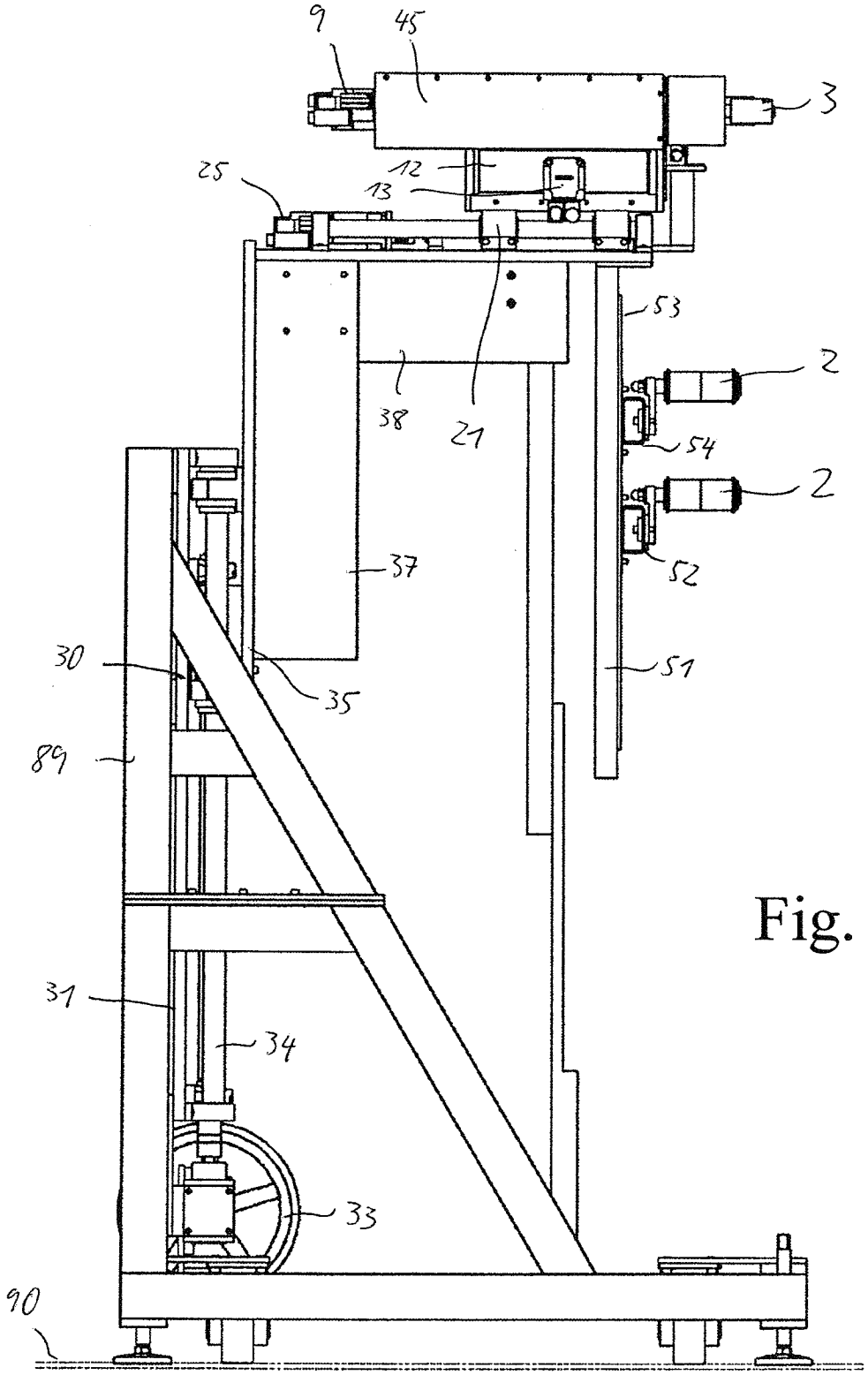


Fig. 3

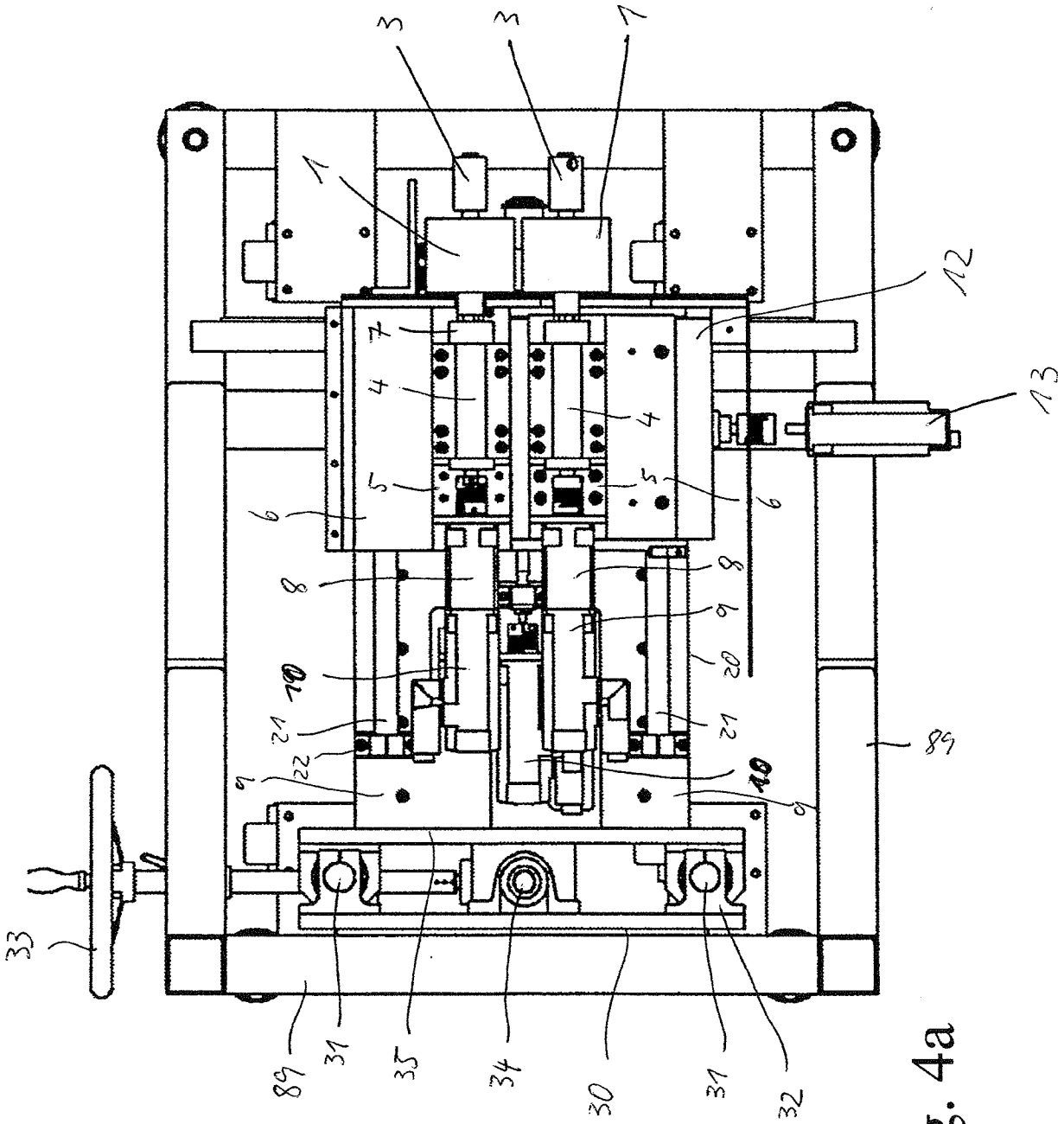


Fig. 4a

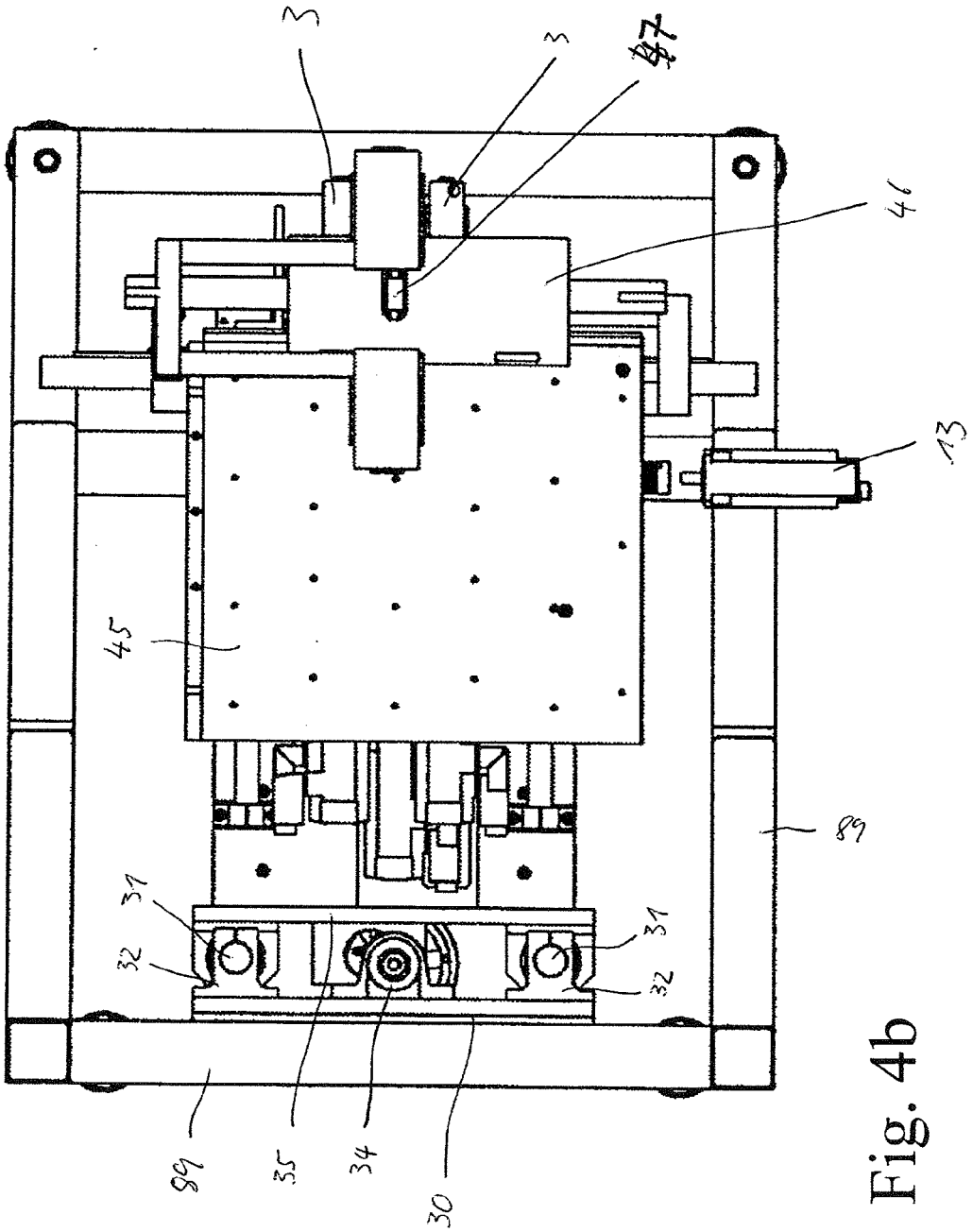


Fig. 4b

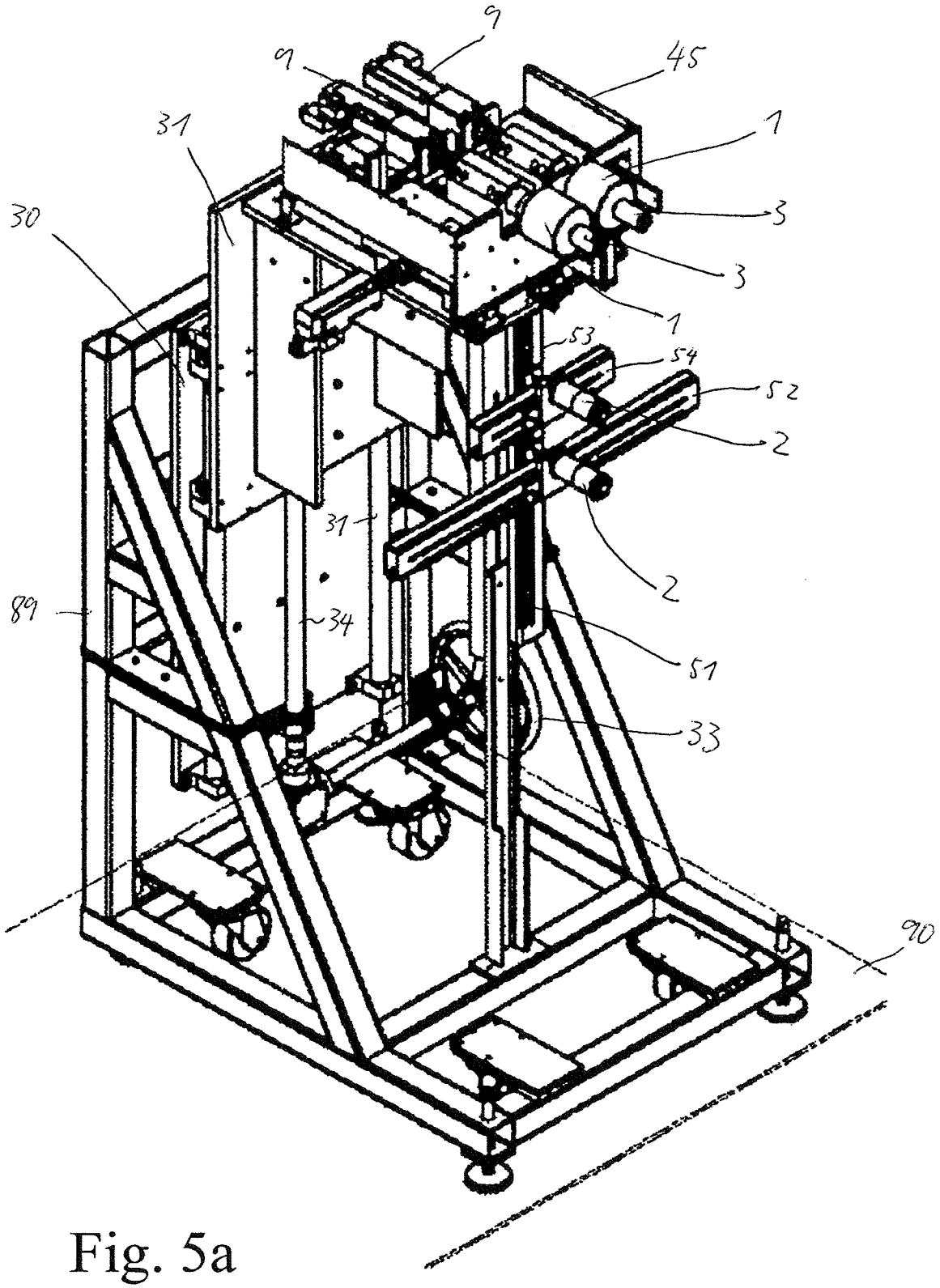


Fig. 5a

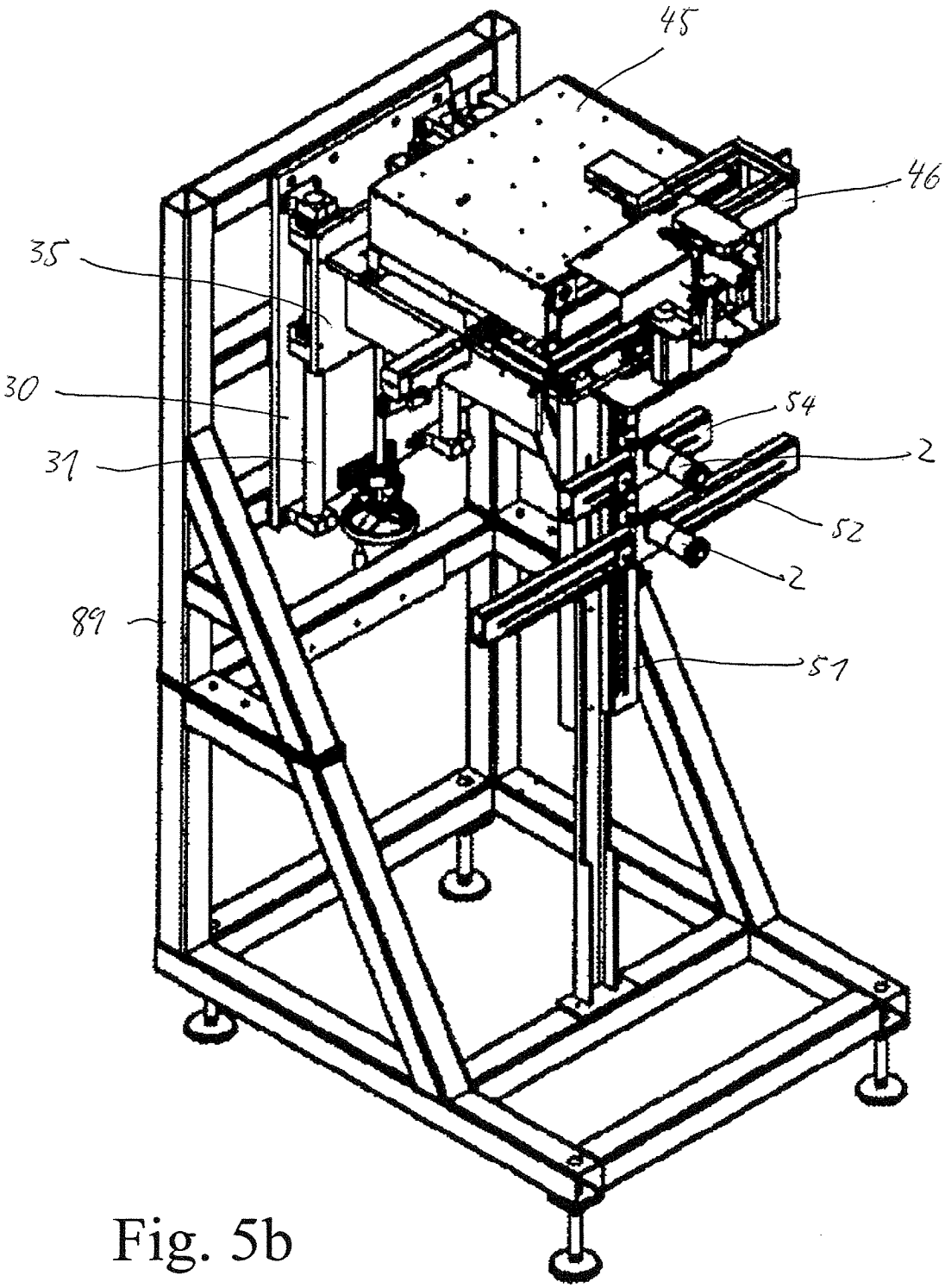


Fig. 5b

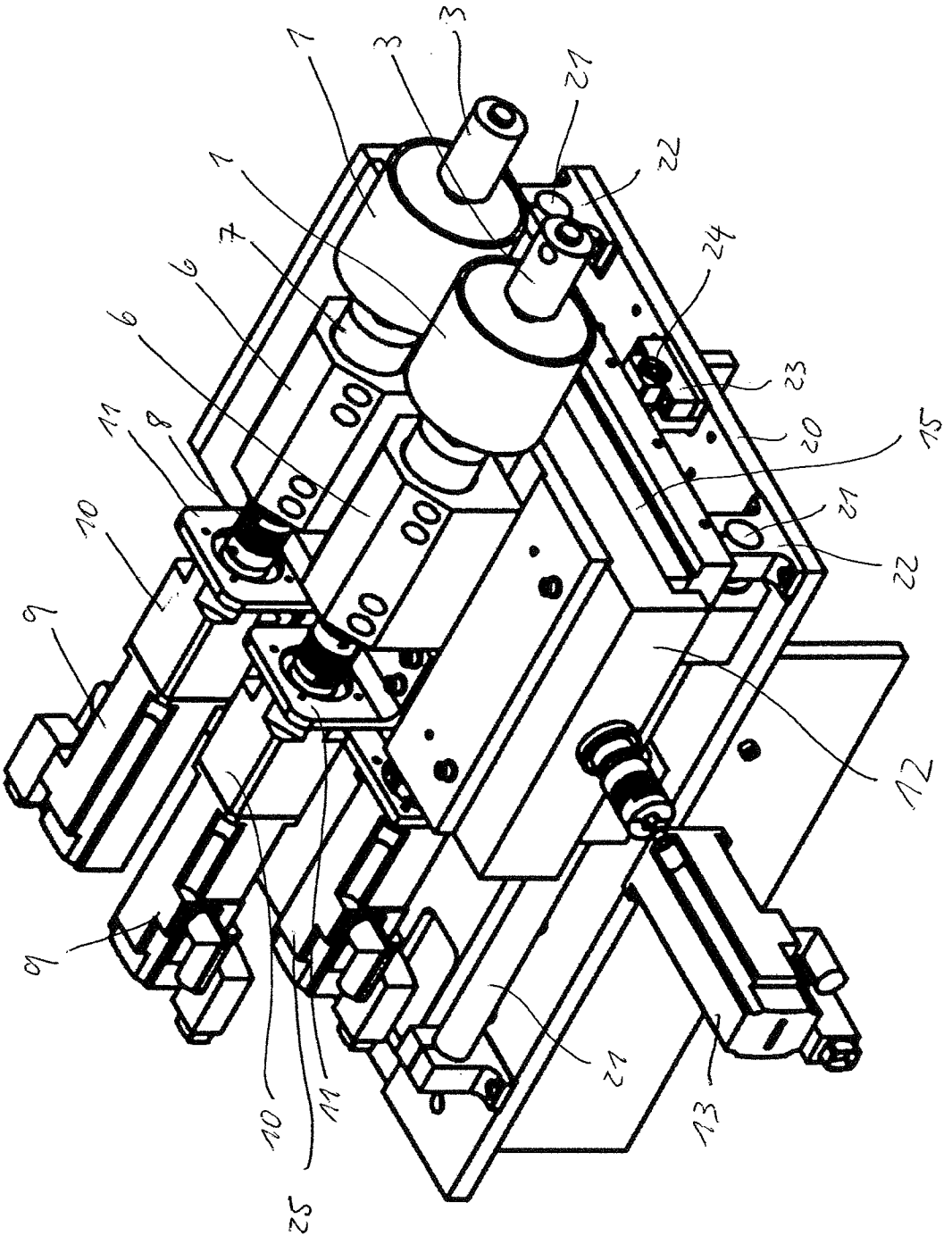


Fig. 6

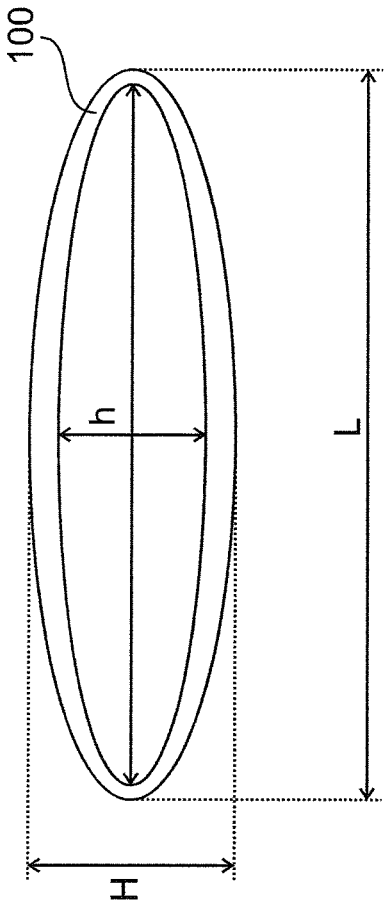


Fig. 7a

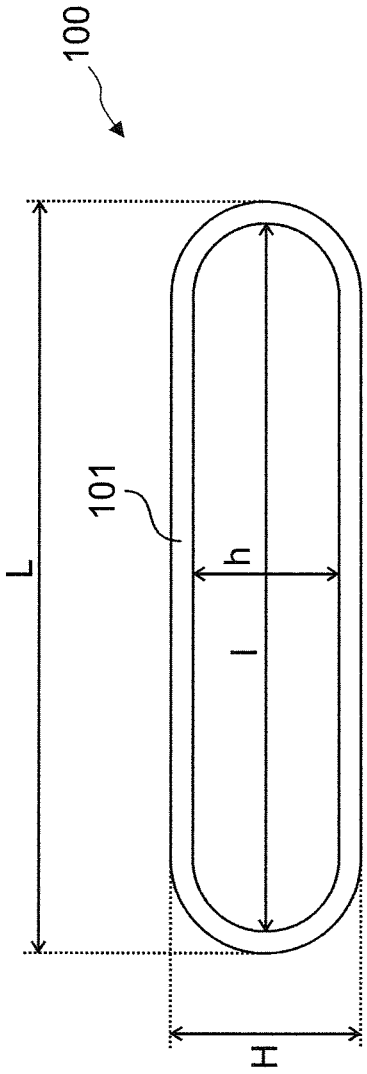


Fig. 7b

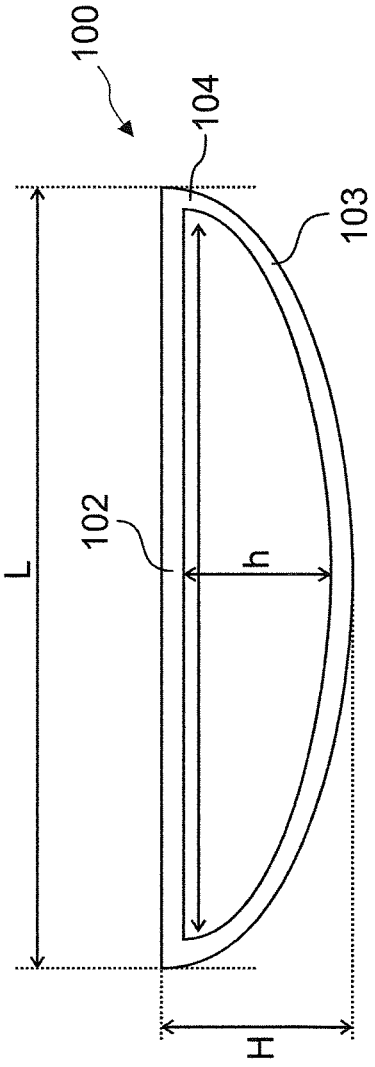


Fig. 7c