



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 018 148 A1** 2005.11.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 018 148.9**

(22) Anmeldetag: **08.04.2004**

(43) Offenlegungstag: **10.11.2005**

(51) Int Cl.7: **C03B 17/04**

C03B 23/08, C03B 15/14

(71) Anmelder:

SCHOTT AG, 55122 Mainz, DE

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Kewitz & Kollegen Partnerschaft,
60325 Frankfurt**

(72) Erfinder:

**Männer, Thomas, 95666 Mitterteich, DE; Ziegler,
Michael, 95688 Friedenfels, DE; Ott, Franz, Dr.,
95666 Mitterteich, DE; Rosner, Gerd, 95692
Konnersreuth, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 4 97 649 B

DE 22 17 725 A

DD 2 54 380 A1

US 20 09 793 A

SU 8 37 943 A

SU 7 15 511 A

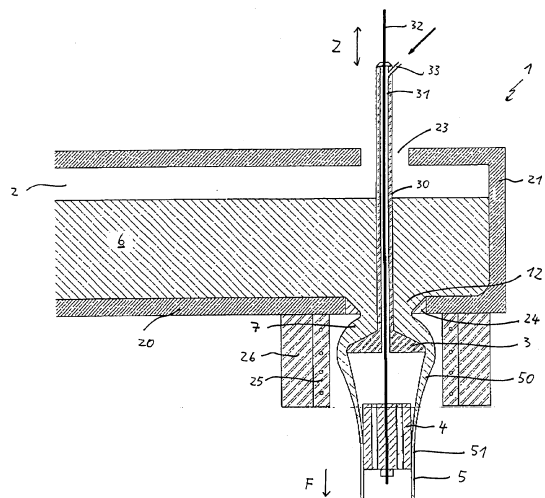
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren mit einem vorgegebenen Innenprofil.

Bei dem Verfahren tritt eine Glasschmelze (6) aus einer Austrittsöffnung (12) einer Schmelzenzuführung (2) aus. Die Glasschmelze wird über einen Formkörper (3) gezogen, sodass eine hohle Ziehzwiebel (50) ausgebildet wird. Die Ziehzwiebel (50) wird erfindungsgemäß über einen dem Formkörper (3) nachgeordneten Profilformungskörper (4) gezogen, sodass Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel (50) in Anlage zu Außenoberflächen des Profilformungskörpers (4) verformt werden, um das vorgegebene Innenprofil auszubilden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren, insbesondere von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren mit einem vorgegebenen Innenprofil und/oder einem vorgegebenen Außenprofil.

Stand der Technik

[0002] Glasrohre der vorgenannten Art mit Längen von bis zu mehreren Metern werden als Ausgangsmaterial zur Herstellung verschiedenster Glaskörper benötigt, beispielsweise zur Herstellung von Flaschen und Behältern, von röhrenförmigen Abdeckungen für Leuchtmittel und zur Herstellung von Leuchtmittel-Rohren in der Lichttechnik. Dabei besteht einerseits die Anforderung, dass solche Glasrohre möglichst kostengünstig hergestellt werden. Andererseits besteht bei vielen Anwendungen, beispielsweise in der Lichttechnik, eine Nachfrage nach Glasrohren mit präzise gefertigten Innenprofilen, beispielsweise vorgegeben durch technische Spezifikationen in der jeweiligen Anwendung.

[0003] Bei der Herstellung von Glasrohren unterscheidet man prinzipiell zwischen diskontinuierlichen und kontinuierlichen Herstellungsverfahren. Wegen der zumeist grundlegend anderen Verfahrensparameter sind bei diskontinuierlichen Herstellungsverfahren angewendete Prinzipien nicht oder jedenfalls nicht ohne weiteres auf kontinuierliche Herstellungsverfahren übertragbar, sodass diese dem Fachmann nicht als Anregung zur Verbesserung von kontinuierlichen Herstellungsverfahren dienen werden.

[0004] DE 497 649 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ziehen von Glasrohren nach dem so genannten Danner-Verfahren mit rundem oder nicht-rundem Innenprofil. Bei dem Verfahren wird ein flüssiges Glas außen auf einen geneigt angeordneten, sich drehenden röhrenförmigen Körper geleitet und an dessen unterem Ende als Rohr abgezogen. Bei diesem Verfahren wird das Innenprofil des abgezogenen Glasrohrs durch das Außenprofil des röhrenförmigen Körpers an dessen unterem Ende festgelegt. Zur Herstellung von Glasrohren mit nicht-rundem Innenprofil kann das untere Ende des röhrenförmigen Körpers auch eine von der Kreisform abweichende Außenkontur aufweisen. Das Innenprofil der so hergestellten Glasrohre weist vergleichsweise hohe Toleranzen auf. Auch die Kantenradien von Glasrohren mit nicht-runden Profilen sind vergleichsweise groß. Somit wird dieses Verfahren den heutigen Anforderungen an die Präzision und die Toleranzen von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren häufig nicht mehr gerecht.

[0005] US 2,009,793 offenbart das so genannte Vello-

lo-Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Glasrohren mit einem kreisrunden Innenprofil. Ein im Wesentlichen konischer Formkörper ist unterhalb einer Austrittsöffnung einer als Aufnahme für die Glasschmelze dienenden Schmelzrinne angeordnet, und zwar konzentrisch zu dem Auslaufstück der Schmelzrinne. Durch den ringförmigen Spalt zwischen dem Formstück und dem Auslaufstück wird die austretende Glasschmelze von einer Ziehvorrichtung abgezogen, sodass sich ein Glasrohr mit einem kreisrunden Innenprofil, das im Wesentlichen durch die Außenkontur des Formkörpers vorgegeben wird, ausbildet. Stromabwärts von dem Formstück wird der noch verformbare, röhrenförmige Glaskörper mittels einer Ziehvorrichtung weiter gestreckt, bis sich dieser schließlich unter die Erweichungstemperatur abgekühlt hat. Der Innendurchmesser und die Wandstärke der Glasrohre wird durch die Abmessungen des Ringspalts zwischen dem Formstück und dem Auslaufstück der Schmelzrinne, durch die Temperatur der austretenden Glasschmelze, die Temperaturverhältnisse stromabwärts der Austrittsöffnung und durch die Zugkraft bzw. Ziehgeschwindigkeit der Ziehvorrichtung festgelegt. Das Auffinden geeigneter Parameterbereiche zur Herstellung von Glasrohren mit unterschiedlichen Profilen ist vergleichsweise aufwendig und erfordert viel Erfahrung, was eine vollständige Automatisierung des Verfahrens jedenfalls aufwendig macht. Ein Umrüsten des Schmelzofens zur Herstellung von Glasrohren mit anderen Profilen ist vergleichsweise aufwendig. Nach dem Vello-Verfahren hergestellte Glasrohre weisen dennoch Toleranzen auf, die heutigen Anwendungen zunehmend nicht mehr gerecht werden.

[0006] DE-OS 2 217 725 offenbart ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung eines Quarzrohres. Am unteren Ende eines kontinuierlich beschickten Schmelzofens befindet sich im Bereich der Austrittsöffnung eine Formgebungseinrichtung mit einem Kern, der das Innenprofil des Glasrohres festlegt. Durch Austausch des Kerns lassen sich auch profilierte Glasrohre mit nicht-kreisförmigen Innenprofilen herstellen. Ein Umrüsten des Schmelzofens erfordert zunächst eine vollständige Leerung desselben, bevor der Kern ausgetauscht werden kann. Dies ist vergleichsweise aufwendig. Die mit dem Verfahren erzielbaren Toleranzen werden heutigen Anforderungen häufig nicht mehr gerecht. Da zum Schmelzen von Quarzglas sehr hohe Temperaturen erforderlich sind, weichen die in der DE-OS 2 217 725 offenbarten Verfahrensparameter und Grundprinzipien sehr ab von den Verfahrensparametern und Grundprinzipien, wie diese im Sinne dieser Anmeldung gesucht werden. Die in der DE-OS 2 217 725 offenbarten Prinzipien lassen sich deshalb nicht auf den Gegenstand dieser Anmeldung übertragen.

[0007] DD 254 380 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von

innenkalibrierten Glasrohren. Eine Glasschmelze wird gegen die Schwerkraft aus einer Ziehschüssel abgezogen. Dabei wird eine Ziehzwiebel ausgebildet, die kontinuierlich verjüngend an einem vertikal aufragenden Ziehdorn abgezogen wird. Der Ziehdorn dient als Formkörper, um das Innenprofil des herzustellenden Glasrohrs festzulegen. Dabei bildet sich ein noch verformbarer rohrförmiger Körper, der durch ein Düsensystem gezogen wird, in welchem durch Anlegen eines Unterdrucks das über den Ziehdorn gleitende Glasrohr auf diesen aufkalibriert wird. Dieser Vorgang wird durch das Aufblasen von vorgewärmter Luft auf die Außenseite des über den Ziehdorn gleitenden Glasrohrs unterstützt. Damit ein Glasrohr mit konstanter Wandstärke hergestellt werden kann, müssen die Ziehschüssel und der Ziehdorn synchron gedreht werden, was aufwendig ist. Ferner ist es vergleichsweise aufwendig, die Parameter der Vorrichtung so zu steuern, dass das noch verformbare Glasrohr von dem Düsensystem geeignet verformt werden kann. Hierzu ist die Verwendung von Vorkühlern, Nachkühlern und Heizeinrichtungen erforderlich. Diese Vorrichtung eignet sich nur zur Herstellung von kalibrierten runden Glasrohren, wobei ein Umrüsten auf andere Innen- oder Außendurchmesser vergleichsweise aufwendig ist.

Aufgabenstellung

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von kalibrierten Glasrohren bereitzustellen, womit Glasrohre mit einem vorgegebenen Innenprofil präzise, kostengünstig und flexibel hergestellt werden können. Diese sowie weitere Aufgaben werden gemäß der vorliegenden Erfindung durch ein Verfahren nach Anspruch 1 sowie durch eine Vorrichtung nach Anspruch 11 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der rückbezogenen Unteransprüche.

[0009] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren mit einem vorgegebenen Innenprofil bereitgestellt, bei welchem Verfahren eine Glasschmelze aus einer Austrittsöffnung einer Schmelzenzuführung zum kontinuierlichen oder quasi-kontinuierlichen Zuführen einer geeignet konditionierten Glasschmelze austritt und über einen Formkörper gezogen wird, sodass eine hohle Ziehzwiebel ausgebildet wird, die über einen dem Formkörper nachgeordneten, bevorzugt konzentrisch bzw. fluchtend angeordneten, Profilformungskörper gezogen wird, so dass Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel in Anlage zu Außenoberflächen des Profilformungskörpers verformt werden, um das vorgegebene Innenprofil auszubilden. Auf diese Weise wird das Innenprofil des Glasrohrs von dem Profilformungskörper vorgegeben.

[0010] Erfindungsgemäß ist somit ein separater Profilformungskörper mit im Wesentlichen zu der geometrischen Mitte des Formkörpers fluchtender Mitte, vorgesehen, sodass die Formung der hohlen, noch verformbaren Ziehzwiebel und die weitere Profilierung derselben zu dem kalibrierten runden oder profilierten Glasrohr in unterschiedlichen Zonen erfolgen kann. Somit können die Parameter des Ziehverfahrens noch variabler und kontrollierter vorgegeben werden. Gleichzeitig kann der Profilformungskörper jedoch erfindungsgemäß in einfacher Weise durch einen anderen geeigneten Profilformungskörper ausgetauscht werden, sodass das Innenprofil des herzustellenden Glasrohrs in einfacher Weise verändert werden kann. Eine erfindungsgemäße Ziehvorrichtung eignet sich deshalb zur Herstellung einer Vielzahl unterschiedlicher kalibrierter runder oder profilierter Glasrohre, was das Ziehverfahren bzw. die Ziehvorrichtung kostengünstiger und flexibler macht.

[0011] Zweckmäßig weisen der Formkörper und der nachgeordnete Profilformungskörper ein Außenprofil von demselben Typ auf, beispielsweise kreisförmig, elliptisch, dreieckig, viereckig und dergleichen. Bevorzugt ist dabei eine maximale Außenabmessung des nachgeordneten Profilformungskörpers kleiner als eine maximale Außenabmessung des stromaufwärts angeordneten Formkörpers. Somit kann sich die bei dem Formkörper ausbildende Ziehzwiebel einschnüren, so dass die Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel im Wesentlichen tangential in Anlage zu Außenoberflächen des nachgeordneten Profilformungskörpers gelangen, um dort weiter zu dem vordefinierten Innenprofil verformt zu werden.

[0012] Gemäß einer weiteren Ausführungsform können der Formkörper und der nachgeordnete Profilformungskörper auch Außenprofile von unterschiedlichen Typen aufweisen, kann beispielsweise der Formkörper ein rundes Außenprofil aufweisen und kann der Profilformungskörper beispielsweise ein dreieckiges Außenprofil aufweisen.

[0013] Die Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel geraten nicht bereits an dem oberen Rand der des Profilformungskörpers in Anlage zu den Außenoberflächen, sodass es zu keiner Stauung der Ziehzwiebel kommt. Bevorzugt geraten vielmehr die Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel erst an dem unteren Teilabschnitt des Profilformungskörpers in Anlage zu den Außenoberflächen desselben.

[0014] Bevorzugt erfolgt die weitere Formgebung des Innenprofils der Ziehzwiebel nur an dem unteren Teilabschnitt des nachgeordneten Profilformungskörpers, nicht jedoch über dessen gesamter Länge. Die Länge des unteren Teilabschnittes ist dabei so gewählt, dass sich das vorgegebene Innenprofil des Glasrohrs ausreichend stabil ausbildet und die Wände des Glasrohrs nach Verlassen des Profilfor-

mungskörpers bereits ausreichend fest bzw. stabil sind, sodass es stromabwärts des Profilformungskörpers zu keiner Nachverformung des Glasrohrs mehr kommt. Dabei trägt der Profilformungskörper zu einer weiteren, bevorzugt raschen, Abkühlung des Glasrohrs bei, was erfindungsgemäß einen zusätzlichen Freiheitsgrad bei der Herstellung von Glasrohren darstellt. Insbesondere können aufwändige Kühlmaßnahmen zum Kühlen eines Profilformungskörpers erfindungsgemäß überflüssig werden.

[0015] Bei einem Down-draw-Verfahren oder dem Vello-Verfahren wird die Glasschmelze erfindungsgemäß in Richtung der Schwerkraft aus der Austrittsöffnung der Schmelzenzuführung bzw. der Schmelzrinne abgezogen, wobei selbstverständlich auch Abweichungen von dieser Geometrie ausdrücklich zugelassen sein sollen.

[0016] Bevorzugt ist der Abstand zwischen dem Formkörper und dem Profilformungskörper veränderbar, sodass der Profilformungskörper in Anpassung an die jeweiligen Prozessparameter stets in einen Bereich verschoben werden kann, in welchem die Einschnürung der Ziehziebel noch ausreichend verformbar ist, das so ausgebildete kalibrierte runde oder profilierte Glasrohr jedoch stromabwärts von dem Profilformungskörper nicht mehr oder nicht mehr allzu stark verformt, beispielsweise gestreckt, wird. Weil der Profilformungskörper erfindungsgemäß axial verstellt werden kann, kann das erfindungsgemäße Ziehverfahren sehr rasch auf Glasrohre mit einer anderen Innenabmessung und/oder einer anderen Wandstärke umgerüstet werden.

[0017] Zum Verschieben des Profilformungskörpers relativ zu dem Formkörper ist bevorzugt ein Profilformungskörper-Schaft in einer Längsbohrung eines Formkörperschafts verschiebbar gehalten. Die Längsbohrung ist dabei so auf den Profilformungskörper-Schaft abgestimmt, dass letztgenannter in der Längsbohrung geradgeführt ist, also bei einer Verschiebung ausschließlich axial, nicht jedoch radial in ihrer Lage geändert wird. Somit ist in sämtlichen Stellungen des Profilformungskörpers eine fluchtende Anordnung von Formkörper und Profilformungskörper gewährleistet, sodass sich die Ziehziebel sehr gleichmäßig an den Profilformungskörper anlegen kann und gleichmäßige Wandstärken ausgebildet werden können. zur Geradführung des Profilformungskörper-Schafts können in der Längsbohrung gesonderte Lager- bzw. Haltemittel vorgesehen sein.

[0018] Erfindungsgemäß können somit Glasrohre mit besonders gleichmäßigen Wandstärken hergestellt werden.

[0019] Bevorzugt ist die Längsbohrung oder eine in der Halterung des Profilformungskörpers vorgesehene Längsbohrung so ausgelegt, dass Prozessluft

und/oder inertes Schutzgas, beispielsweise Stickstoff oder Argon, zu dem Profilformungskörper geleitet werden kann. Mit dem inerten Schutzgas wird eine Oxidation und/oder Korrosion an der Unterseite des Profilformungskörpers verhindert, was ansonsten zu einer unkontrollierten Rundung am Rand der Unterseite des Profilformungskörpers und somit zu rauen Glasrohroberflächen führen würde.

[0020] Zum einfachen Umrüsten der erfindungsgemäßen Ziehvorrichtung auf Glasrohre mit einem anderen Innenprofil kann der Formkörper axial verschiebbar im Bereich der Austrittsöffnung angeordnet sein, um das Austreten der Glasschmelze aus der Austrittsöffnung zumindest vorübergehend zu stoppen. In dieser Stellung ist der Profilformungskörper von der Unterseite der Ziehvorrichtung her zugänglich ist und kann in einfacher Weise ausgetauscht werden, beispielsweise durch Abnehmen des Profilformungskörpers von dem Gestänge und Befestigen eines neuen Profilformungskörpers an dem Gestänge oder durch einfaches Austauschen des Gestänges mitsamt dem Profilformungskörper.

[0021] Der Profilformungskörper kann auch rund sein. Der Profilformungskörper kann beispielsweise auf einer Drehbank mit sehr engen Toleranzen und nahezu exakt rund hergestellt werden. Mit einem solchen Profilformungskörper sind erfindungsgemäß Präzisions-Glasrohre in einem kontinuierlichen Verfahren herstellbar, deren Innendurchmesser ungefähr die gleichen engen Toleranzen wie der runde Profilformungskörper aufweisen. Rohre mit derart engen Toleranzen sind in den üblichen kontinuierlichen Ziehverfahren gemäß dem Stand der Technik ohne Profilformungskörper nicht herstellbar. Üblicherweise werden so eng tolerierte Glasrohre gemäß dem Stand der Technik in sehr aufwändiger und unwirtschaftlicher Weise beispielsweise nach dem sogenannten KPG-Verfahren (Küppers-Präzisions-Glasröhren) hergestellt, bei dem jedes Rohr einzeln auf einen Metaldorn aufgeschumpft wird.

[0022] Wird das erfindungsgemäße Ziehverfahren auf das bekannte Down-Draw-Verfahren oder Vello-Verfahren angewendet, so sind der Profilformungskörper und der Formkörper relativ zu der Austrittsöffnung der Schmelzenöffnung drehstarr gehalten. Selbstverständlich kann das erfindungsgemäße Ziehverfahren auch auf das bekannte Danner-Verfahren angewendet werden, in welchem Fall der Profilformungskörper stromabwärts von einem langsam rotierenden, rohrförmigen Körper angeordnet ist, auf den aus der Austrittsöffnung der Glasschmelzenzuführung ein kontinuierlicher Glasschmelzenstrang aufläuft, um den verformbaren rohrförmigen Körper auszubilden. In diesem Fall wird der Profilformungskörper bevorzugt synchron zu dem langsam rotierenden, rohrförmigen Körper gedreht.

[0023] Grundsätzlich ist erfindungsgemäß auch angedacht, dass das noch weiche Glasrohr stromabwärts einer erfindungsgemäßen Ziehvorrichtung auch waagrecht umgelenkt und von einer Ziehvorrichtung in der bekannten Weise zur weiteren Verarbeitung waagrecht abgezogen wird.

[0024] Ein weiterer Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren mit einem vorgegebenen Innenprofil, zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens.

[0025] Ein weiterer Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung betrifft ein kalibriertes rundes oder profiliertes Glasrohr, das hergestellt ist nach einem Verfahren, bei dem eine Glasschmelze aus einer Austrittsöffnung einer Schmelzenzuführung zum kontinuierlichen oder quasikontinuierlichen Zuführen einer geeignet konditionierten Glasschmelze austritt und über einen Formkörper gezogen wird, sodass eine hohle Ziehziebel ausgebildet wird, die über einen dem Formkörper nachgeordneten, bevorzugt konzentrisch bzw. fluchtend angeordneten, Profilformungskörper gezogen wird, so dass Innenumfangsoberflächen der Ziehziebel in Anlage zu Außenoberflächen des Profilformungskörpers verformt werden, um das vorgegebene Innenprofil auszubilden. Auf diese Weise wird das Innenprofil des Glasrohrs von dem Profilformungskörper vorgegeben. Weitere Parameter zur Charakterisierung eines solchen Glasrohrs sind wie vorstehend im Zusammenhang mit dem Verfahren beschrieben.

[0026] Ein weiterer Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung betrifft ein kalibriertes profiliertes Glasrohr mit einem Rechteckquerschnitt, gekennzeichnet durch Eckradien bis hinab zu etwa 0,1 mm bei einem Seitenverhältnis, d.h. einem Verhältnis von Höhe zu Breite des Glasrohrprofils, von etwa 1:1 bis etwa 10:1.

[0027] Ein weiterer Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung betrifft ein kalibriertes rundes oder profiliertes Glasrohr, gekennzeichnet durch eine maximale Schwankung des Innendurchmessers von weniger als etwa 0,11 mm und/oder durch eine maximale Schwankung des Außenmaßes von weniger als etwa 0,45 mm, insbesondere bei einem Außendurchmesser im Bereich von etwa 20 mm bis etwa 100 mm, bevorzugter im Bereich von etwa 40 mm bis etwa 80 mm, bevorzugter bei etwa 60 mm, sowie bei einer Wandstärke im Bereich von etwa 1 mm bis etwa 3 mm, bevorzugter von etwa 2 mm.

Ausführungsbeispiel

[0028] Nachfolgend wird die Erfindung in beispielhafter Weise und unter Bezugnahme auf die beige-

fügten Zeichnungen beschrieben werden, woraus sich weitere Merkmale, Vorteile und zu lösende Aufgaben ergeben werden und worin:

[0029] [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) in einer schematischen Schnittansicht eine Vorrichtung zur Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren gemäß der vorliegenden Erfindung in zwei unterschiedlichen Stellungen des Profilformungskörpers darstellen;

[0030] [Fig. 2](#) in einer schematischen Schnittansicht von oben und in einem Schnitt entlang der Linie A-A einen Profilformungskörper gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0031] [Fig. 3](#) in einer schematischen Schnittansicht von oben und in einem Schnitt entlang der Linie A-A einen Profilformungskörper gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0032] [Fig. 4](#) in einer schematischen Schnittansicht von oben und in einem Schnitt entlang der Linie A-A einen Profilformungskörper gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt; und

[0033] [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) jeweils in einem schematischen Längsschnitt und in einer schematischen Schnittansicht entlang der Linie A-A eine weitere Vorrichtung zur Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren gemäß der vorliegenden Erfindung darstellen.

[0034] In den Figuren bezeichnen identische Bezugszeichen identische oder im Wesentlichen gleich wirkende Elemente oder Elementgruppen.

[0035] Die [Fig. 1a](#) zeigt in einer schematischen Schnittansicht eine Vorrichtung zur Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren gemäß der vorliegenden Erfindung in einer Stellung, in der ein Profilformungskörper nahezu an dem Formkörper anliegt. Die [Fig. 1b](#) zeigt die Vorrichtung gemäß der [Fig. 1b](#) in einer Stellung, in welcher der Profilformungskörper beabstandet zu dem Formkörper angeordnet ist.

[0036] Gemäß der [Fig. 1a](#) umfasst die insgesamt mit **1** bezeichnete Ziehvorrichtung eine als Schmelzenzuführung wirkende Schmelzrinne **2**, die von einem Boden **20**, einer Seitenwand **21** und einer oberen Abdeckung **22** ausgebildet wird, um darin eine Glasschmelze **6** zuzuführen. Die Schmelzrinne **2** wird von einem nicht dargestellten Schmelzofen kontinuierlich oder quasi-kontinuierlich gespeist und führt der Austrittsöffnung **12** eine geeignet konditionierte Glasschmelze zu. An dem unteren Ende der Schmelzrinne **2** wird von einem Auslaufing **24** eine

Austrittsöffnung **12** für die Glasschmelze **6** festgelegt. Gemäß der [Fig. 1a](#) verjüngt sich der Auslaufring **24** radial einwärts, sodass die Innenkontur des Auslaufrings **24** von einer Kante festgelegt wird. Der Auslaufring **24** kann ein rundes aufweise oder kann ein nicht-rundes Profil aufweisen, beispielsweise ein rechteckförmiges oder elliptisches Profil.

[0037] Gemäß der [Fig. 1a](#) ist stromabwärts der Austrittsöffnung **12** der Schmelzrinne **2** ein konischer Formkörper **3** angeordnet, der an dem unteren Ende eines im Wesentlichen rohrförmigen Formkörperschafts **30** befestigt oder einstückig mit dieser ausgebildet ist. Wie durch den Doppelpfeil Z angedeutet, kann der Formkörperschaft **30** vertikal auf- und abwärts bewegt werden, um die Austrittsöffnung des Auflaufrings **24** zu verschließen oder den Ringspalt zwischen dem Formkörper **3** und dem Auslaufring **24** zumindest so stark zu verschmälern, dass keine Schmelze **6** aus der Schmelzrinne **2** mehr austreten kann. Die Verstellung des Formkörpers **3** über den Schaft **30** wird auch eingesetzt, um den Ringspalt zwischen dem Auslaufring **24** und dem Formkörper **3** so einzustellen, dass die zum Rohrziehen benötigte Glasmenge hindurchläuft. Der Schaft **30** ist außerdem auch in horizontaler (xy) Richtung verstellbar und damit innerhalb des Auslaufrings **24** zentrierbar, so dass das Glasrohr eine gleichmäßige Wanddicke erhält.

[0038] Gemäß der [Fig. 1a](#) durchragt das obere Ende des Formkörperschafts **30** die obere Abdeckung **22**, sodass eine nicht dargestellte Verstellvorrichtung mit dem oberen Ende des Formkörperschafts **30** oder des Gestänges **32** zusammenwirken kann, um die Höhenlage des Formkörpers **3** geeignet einzustellen.

[0039] Gemäß der [Fig. 1a](#) ist stromabwärts, in Richtung der Schwerkraft und der Abzugsrichtung des Glasrohrs **5**, ein konzentrischer Profilformungskörper **4** vorgesehen, der austauschbar an dem unteren Ende des Profilformungskörperschafts bzw. Gestänges **32** befestigt ist. Der Profilformungskörper **4** ist in der [Fig. 1a](#) anliegend zu dem unteren Ende des Formkörpers **3** angeordnet und ist in der [Fig. 1b](#) beabstandet zu dem unteren Ende des Formkörpers **3** angeordnet.

[0040] Gemäß der [Fig. 1a](#) ist in dem Formkörperschaft **30** eine axiale Innenbohrung **31** vorgesehen, in welcher der Profilformungskörperschaft (nachfolgend das Gestänge) **32** aufgenommen ist. Die Innenbohrung **31** verläuft konzentrisch zu dem Formkörper **3** und dem Profilformungskörper **4**. Die Innenbohrung **31** ist so ausgebildet, dass das Gestänge **32** in der Innenbohrung **31** geradegeführt ist und umfänglich zumindest abschnittsweise an Innenumfangsoberflächen der Innenbohrung **31** anliegt, sodass in jeder Höhenlage des Profilformungskörpers **4** der Form-

körper **3** und der Profilformungskörper **4** fluchtend zueinander angeordnet sind, also der Profilformungskörper **4** beim Ändern der Höhenlage desselben ausschließlich axial, nicht jedoch radial verstellt wird.

[0041] Die Höhenlage des Profilformungskörpers **4** kann von einer Bedienperson manuell durch axiales Verschieben des Gestänges **32** in der Innenbohrung **31** verstellt werden. Selbstverständlich kann zu diesem Zweck auch eine mechanische oder elektromotorisch betätigte Verstellvorrichtung an dem oberen Ende der Innenbohrung **31** oder des Gestänges **32** vorgesehen sein. Zum Anzeigen der Höhenlage des Formkörpers **3** und des Profilformungskörpers **4** sind an dem oberen Ende der Ziehvorrichtung **1** mechanische Anzeigen oder Skalen (nicht gezeigt) vorgesehen. Selbstverständlich kann die jeweilige Höhenlage des Formkörpers **3** und des Profilformungskörpers **4** auch von einem Detektor, beispielsweise einer optischen, induktiven oder kapazitiven Abtastvorrichtung, detektiert werden, um auf einem Display angezeigt zu werden.

[0042] Gemäß der [Fig. 1a](#) ist an dem unteren Ende der Ziehvorrichtung **1** eine zylindrische Heizvorrichtung **25** und eine diese umgebende zylindrische Wärmeisolation **26** vorgesehen, um zumindest den Formkörper **3** und bevorzugt sowohl den Formkörper **3** als auch zumindest das obere Ende des Profilformungskörpers **4** zu umgeben, um stromabwärts der Austrittsöffnung der Schmelzrinne **2** definierte Temperaturbedingungen vorzugeben. Selbstverständlich kann die Heizvorrichtung **25** zu diesem Zweck in Längsrichtung mehrere unabhängig von einander betreibbare Heizzonen beinhalten.

[0043] In den [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) sind verschiedene Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Profilformungskörpers jeweils in einer schematischen Schnittansicht und in einem Schnitt entlang der Linie A-A dargestellt. Wie in der [Fig. 2](#) gezeigt, ist der Profilformungskörper **4** ein massiver Körper, in welchem mittig eine Befestigungsöffnung **40** zur Befestigung an dem Gestänge **32** und punktsymmetrisch zu der Befestigungsöffnung **40** eine Mehrzahl von Durchlässen **41** für Prozessluft und/oder ein inertes Schutzgas ausgebildet sind. Zumindest die Gasdurchlässe **41** erstrecken sich über die gesamte Höhe des Profilformungskörpers **4**. Wie in der [Fig. 1](#) gezeigt, kann durch die Innenbohrung **31** eine Prozessluft oder ein inertes Schutzgas, beispielsweise Stickstoff oder Argon, zu der Unterseite des Profilformungskörpers **4** geleitet werden, um eine unerwünschte Oxidation oder Korrosion an der Unterseite des Profilformungskörpers **4** zu verhindern. Mittels der Prozessluft bzw. des Schutzgases können auch die Temperaturbedingungen stromabwärts des Formkörpers **3** beeinflusst werden, beispielsweise eine gewisse Kühlung erzielt werden.

[0044] Erfindungsgemäß ist der Profilformungskörper **4** aus einem geeignet hitzebeständigen Material gebildet, das auch bei hohen Temperaturen nicht von der Glasschmelze benetzt wird. Bevorzugt besteht der Profilformungskörper **4** erfindungsgemäß aus einem polierten Graphit oder aus einem anderen nicht-silikatischen Material mit hexagonaler Kristallstruktur, beispielsweise aus Bornitrid. Um eine Riefenbildung auf der Innenseite des Glasrohres **5** zu vermeiden, kann die Unterkante des Profilformungskörpers **4** angefast oder abgerundet sein. Der Formkörper **3** gemäß der vorliegenden Erfindung besteht aus einem hoch temperaturfesten Material, das mit der Glasschmelze **6** wenig oder gar nicht reagiert, beispielsweise aus einem Edelmetall, wie beispielsweise Platin, aus einer Edelmetalllegierung, beispielsweise einer Platin-Legierung, oder aus einem hoch temperaturfesten Stahl. Wie der **Fig. 1** ohne weiteres entnehmbar ist, kann der Formkörper **3** auch innerhalb der Schmelzrinne **2** vorgesehen sein, um den Ringspalt zwischen dem Formkörper **3** und dem Auslaufring **24** von oben her zu verschließen oder zu regulieren.

[0045] Wie der Zusammenschau der **Fig. 2** bis **Fig. 4** ohne weiteres entnehmbar ist, kann der Profilformungskörper **4** ein nahezu beliebiges Außenprofil aufweisen, sodass erfindungsgemäß eine große Vielzahl unterschiedlicher Glasrohre mit runden oder nichtrunden Innenprofilen hergestellt werden können. Gemäß den **Fig. 2** bis **Fig. 4** ändert sich das Außenprofil des Profilformungskörpers **4** in dessen Längsrichtung nicht. Dies ist jedoch nicht zwingend. Vielmehr kann sich der Profilformungskörper **4** in seiner Längsrichtung grundsätzlich auch verjüngen oder verbreitern. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass an dem unteren Rand des Profilformungskörpers ein Abschnitt mit konstantem Außenprofil und mit einer gewissen Mindestlänge vorgesehen ist, weil das Innenprofil des Glasrohres im Wesentlichen durch das Außenprofil des Profilformungskörpers **4** an dessen unterem Ende festgelegt wird. Nur wenn ein Abschnitt an dem unteren Ende des Profilformungskörpers **4** mit einem konstanten Außenprofil eine ausreichende Länge aufweist, kann ein paralleles Abziehen des Glasrohres von dem Profilformungskörper erzielt werden.

[0046] In gewissen Fällen wird es erfindungsgemäß bevorzugt, wenn die Innenkontur des Auslaufrings **24**, die Außenkontur des Formkörpers **3** und das Außenprofil des Profilformungskörpers **4** zueinander korrespondierend ausgebildet sind. Grundsätzlich kann jedoch das Außenprofil des Profilformungskörpers **4** auch von der Außenkontur des Formkörpers **3** abweichen. Beispielsweise kann die Außenkontur des Formkörpers **3** kreisrund sein, während das Außenprofil des Profilformungskörpers **4** dreieckig ausgebildet ist, wie in der **Fig. 4** gezeigt. Stets ist jedoch zur Erzielung gleichmäßiger Wandstärken des Glas-

rohres **5** (**Fig. 1**) auf eine konzentrische Anordnung von Formkörper **3** und Profilformungskörper **4** zu achten. Mit anderen Worten, die geometrischen Mittelpunkte von Formkörper **3** und Profilformungskörper **4** fluchten erfindungsgemäß auf einer Linie, die parallel zu der Abzugsrichtung der Glasschmelze bzw. des Glasrohres **5** verläuft, sodass sich symmetrische Bedingungen stromabwärts der Austrittsöffnung der Schmelzrinne **2** realisieren lassen.

[0047] Zum Ziehen eines kalibrierten runden oder profilierten Glasrohres wird wie folgt vorgegangen: Die Schmelzenzuführung bzw. Schmelzrinne **2** führt eine geeignet konditionierte Glasschmelze **6** zu. Durch Ändern der Höhenlage des Formkörpers **3** wird der Ringspalt zwischen dem Formkörper **3** und dem Auslaufring **24** geeignet vorgegeben, sodass mit einer Abzugskraft **F** eine ausreichende Ziehgeschwindigkeit und eine ausreichende Wandstärke des Glasrohres **5** erzielt werden kann. Der Profilformungskörper **4** wird unter einem geeigneten Abstand zu dem vorderen Ende des Formkörpers **3** angeordnet, so dass die aus der Austrittsöffnung **12** austretende bzw. abgezogene Glasschmelze **7** stromabwärts des Formkörpers **3** eine hohle Ziehzwiebel **50** ausbildet, deren Innenumfangsoberflächen an dem unteren Teilabschnitt des Profilformungskörpers **4** in Anlage geraten, wie in der **Fig. 1b** dargestellt. Die Ziehzwiebel **50** ist jedenfalls an dem oberen Ende des Anlagebereichs **51** an dem Profilformungskörper **4** noch ausreichend weich und verformbar ist.

[0048] Beim weiteren Abziehen des Glasrohres **5** schnürt sich die Ziehzwiebel **50** ein, bis schließlich an dem unteren Ende des Profilformungskörpers **4** Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel **50** in Anlage zu den Außenoberflächen des Profilformungskörpers **4** gelangen. Der so ausgebildete Anlagebereich **51** mit konstantem Außenprofil erstreckt sich bevorzugt nicht über die gesamte Länge des Profilformungskörpers **4**, sondern nur über eine gewissen Länge an dem unteren Teilabschnitt desselben. Durch die Anlage der Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel **50** an den Außenoberflächen des Profilformungskörpers **4** wird das Innenprofil des Glasrohres **5** festgelegt. Beim weiteren Abziehen können die Außenwände des Glasrohres **5** stromabwärts von dem Profilformungskörper **4** noch geringfügig weiter gestreckt werden, bis schließlich die Temperatur des Glasrohres **5** auf eine Temperatur unterhalb des Erweichungspunktes (softening point) abgefallen ist. Mittels der Heizvorrichtung **25** lassen sich die Temperaturbedingungen stromabwärts der Austrittsöffnung der Schmelzrinne **2** zusätzlich kontrollieren.

[0049] Zum Austauschen des Profilformungskörpers **4** durch einen Profilformungskörper mit einem anderen Außenprofil wird zunächst der Glasfluss aus dem Auslaufring **24** durch Anheben des Formkörpers **3** und Verschließen der Austrittsöffnung der Schmelz-

rinne **2** abgestoppt. Anschließend wird der Profilformungskörper **4** von dem Gestänge **32** abgenommen und wird ein neuer Profilformungskörper **4** an dem Gestänge **32** befestigt oder wird das Gestänge **32** komplett mit dem daran befestigten Profilformungskörper **4** ausgetauscht. Anschließend wird die Austrittsöffnung **12** der Schmelzrinne **2** durch Absenken des Formkörpers **3** wieder ausreichend geöffnet. Die Glasschmelze wird über den Formkörper **3** mit einer vorgegebenen Ziehgeschwindigkeit abgezogen. Anschließend wird die Höhenlage des Profilformungskörpers **4** durch axiales Verschieben des Gestänges **32** geeignet verändert, bis geeignete Parameter für die Stellung des Profilformungskörpers **4**, die Temperatur und die Abzugsgeschwindigkeit gefunden sind, um ein Glasrohr **5** mit einem vorgegebenen Innenprofil herzustellen. Über die Temperatur, die Abzugsgeschwindigkeit, den Durchsatz und die Stellung des Formkörpers **3** kann insbesondere auch die Wandstärke des Glasrohrs **5** beeinflusst werden.

[0050] Zum Ändern der Eigenschaften des Glasrohrs **5** stehen insbesondere die folgenden Parameter zur Verfügung, die in einfacher Weise einzeln oder koordiniert geändert werden können: die Temperatur der Glasschmelze **6** in der Schmelzrinne **2** bzw. an der Austrittsöffnung **12** derselben; der Innendurchmesser der Austrittsöffnung **12** und der Außendurchmesser des Formkörpers **3**; die Breite des Ringspaltes zwischen dem Formkörper **3** und dem Auslaufring **24**; der Außendurchmesser und das Außenprofil des Profilformungskörpers **4**; die Heizleistung der Heizvorrichtung **25**; die Länge des Profilformungskörpers **4**; der Abstand zwischen dem unteren Ende des Formkörpers **3** und dem oberen Ende des Profilformungskörpers **4** und der Durchsatz der Glasschmelze.

[0051] Erfindungsgemäß werden die Temperaturbedingungen so eingestellt, dass die Viskosität der Glasschmelze im Bereich des Formkörpers **3** etwa in den Bereich von etwa 2×10^4 bis 10^6 dPas liegt und dass die Viskosität der Glasschmelze an dem unteren Ende des Profilformungskörpers **4** etwa 10^6 dPas beträgt, jedenfalls aber kleiner als die Viskosität an dem Littleton-Punkt des Glases ist. Somit wird die Temperatur des Erweichungspunktes des Glases erst stromabwärts des Profilformungskörpers **4** unterschritten. Zu diesem Zweck können stromabwärts vom dem Profilformungskörper **4** Kühlvorrichtungen (nicht gezeigt) vorgesehen sein.

[0052] Wie der [Fig. 1b](#) ohne weiteres entnehmbar ist, wird die Wandstärke des Glasrohrs bei einem vorgegebenen Ringspalt im Wesentlichen durch den Durchsatz, die Temperatur und die Ziehgeschwindigkeit festgelegt. In gewissen Fällen kann vorgesehen sein, dass es stromabwärts von dem Profilformungskörper **4** zu einer geringen weiteren Verformung des Glasrohrs kommt, nämlich zu einer weiteren Stre-

ckung. Diese Bedingungen können in einfacher Weise, insbesondere durch die Temperatur und Ziehkraft, geeignet eingestellt werden, sodass das schlussendlich erzielbare Innenprofil und Außenprofil mit hoher Präzision vorgegeben werden kann. Bevorzugt werden jedoch die Temperaturbedingungen und die Position des Profilformungskörpers **4** so gewählt, dass es stromabwärts des Profilformungskörpers zu keiner Nachverformung des Glasrohrs mehr kommt.

[0053] Selbstverständlich kann das erfindungsgemäße Prinzip der Verwendung eines zusätzlichen, dem Formkörper nachgeordneten Profilformungskörpers auch auf andere aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren zum kontinuierlichen Ziehen von Glasrohren übertragen werden, insbesondere auf das Vello-Verfahren und das Danner-Verfahren. Dies sei nachfolgend beispielhaft anhand der [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) für eine Vorrichtung für das bekannte Danner-Verfahren näher erläutert.

[0054] Die [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) zeigen jeweils in einem schematischen Längsschnitt und in einer schematischen Schnittansicht entlang der Linie A-A eine Vorrichtung zur Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Gemäß der [Fig. 5a](#) ist der Profilformungskörper unter einem relativ geringen Abstand zu einem unteren Ende des rohrförmigen Formkörpers angeordnet, gemäß der [Fig. 5b](#) ist der Profilformungskörper unter größeren Abstand zu einem unteren Ende des rohrförmigen Formkörpers angeordnet.

[0055] Gemäß der [Fig. 5a](#) ist der Formkörper **3** ein sich langsam rotierendes Rohr, das in einer nicht dargestellten wärmeisolierenden Halterung leicht schräg gestellt angeordnet ist. Das Rohr **3** wird von einem Elektromotor (nicht gezeigt) gedreht. Die Antriebswelle des Rohrs **3** ist eine Hohlwelle, in welcher ein Gestänge **32** längsverschiebbar und an Halte- bzw. Lagerabschnitten **15** geradeführt gehalten ist. An dem unteren Ende des Gestänges **32** ist der Profilformungskörper **4** unter einem vorgegebenen Abstand zu dem unteren Ende des Rohrs **3** angeordnet. Der Profilformungskörper **4** ist über ein Getriebe, das bevorzugt außerhalb des heißen Bereichs der Vorrichtung angeordnet ist, jedoch grundsätzlich auch an dem unteren Ende des Rohrs **3** vorgesehen sein kann, mit dem Drehantrieb des Rohrs **3** gekoppelt, sodass das Rohr **3** synchron zu dem Profilformungskörper **4** gedreht wird. Durch Auskoppeln des Getriebes kann der Profilformungskörper **4** drehfest angeordnet sein. Wie durch den Doppelpfeil Z angedeutet, kann der Abstand zwischen dem Profilformungskörper **4** und dem unteren Ende des Rohrs **3** geeignet vorgegeben werden, sodass die Inneumfangsoberflächen der noch verformbaren Ziehzwiebel **50** in Anlage zu den Außenoberflächen des Profilformungskörpers **4** in dem Anlagebereich **51** (vgl. [Fig. 5b](#)) zu

einem Glasrohr mit einem durch den Profilformungskörper **4** vorgegebenen Innenprofil verformt werden.

[0056] Zum Ziehen eines Glasrohrs läuft aus einem Auslauftring (nicht gezeigt) einer nicht dargestellten Schmelzrinne ein kontinuierlicher Strang **7** einer Glasschmelze auf den Außenumfang des rotierenden Rohrs **3** auf, sodass die austretende Glasschmelze zu einem kontinuierlichen Glasschmelzenbelag **8** mit einer im Wesentlichen konstanten Wandstärke ausgebildet wird. An dem unteren Ende des rotierenden Rohrs **3** schnürt sich die Ziehzwiesel **50** ein, um schließlich in Anlage zu dem Profilformungskörper **4** zu dem Glasrohr verformt zu werden.

[0057] Wenngleich in den Figuren nicht dargestellt, wird das Glasrohr **5** stromabwärts von der Ziehvorrichtung waagrecht umgelenkt und von einer Ziehvorrichtung abgezogen.

[0058] Wie dem Fachmann aus der vorstehenden Beschreibung ohne weiteres ersichtlich sein wird, eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren aus beliebigen Glassorten. Die Glasrohre lassen sich mit nahezu sämtlichen bekannten Ziehverfahren mit festgesetzten Maßen oder Toleranzen kostengünstig und flexibel fertigen. Die erzielbaren minimalen und maximalen Außendurchmesser und Wandstärken unterliegen prinzipiell nur den Beschränkungen der jeweils verwendeten Ziehvorrichtung. Aufwändige Versuchsreihen der Erfinder haben ergeben, dass sich für Rohre mit einem Rechteckquerschnitt Werte für Eckradien bis hinab zu etwa 0,1 mm, mit einem Seitenverhältnis von etwa 1:1 bis 10:1 oder mehr und mit einer Wandstärke von mindestens etwa 0,1 mm ohne weiteres herstellen lassen. Bei Abzugsmengen von etwa 160 kg/h lassen sich Abzugsgeschwindigkeiten von etwa 34 mm/s erzielen.

AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

[0059] Aus dem nachfolgenden Ausführungsbeispiel wird ersichtlich, dass sich mit dem erfindungsgemäßen Ziehverfahren Glasrohre mit präziseren Profilen und geringeren Toleranzen herstellen lassen.

[0060] Zu diesem Zweck wurde bei im Übrigen gleichen Parametern ein Glasrohr nach dem herkömmlichen Down-draw-Ziehverfahren ohne Verwendung eines erfindungsgemäßen Profilformungskörpers, welcher einer Ziehnaedel stromabwärts nachgeordnet ist, gezogen (freie Formung). Die Bedingungen wurden so gewählt, dass ein Glasrohr mit einem Innendurchmesser von 59,25 mm frei geformt werden sollte. Messungen des Innendurchmessers ergaben, dass dieser entlang der Länge des Glasrohres zwischen einem minimalen Wert von etwa 58,70 mm bis

zu einem maximalen Wert von etwa 59,85 mm schwankte, was einer mittleren Schwankung von insgesamt 1,15 nun entsprach.

[0061] Zum Vergleich wurde bei im Übrigen gleichen Bedingungen ein kalibriertes Glasrohr nach einem erfindungsgemäßen Ziehverfahren, d. h. mit einem der Ziehnaedel stromabwärts nachgeordneten Profilformungskörper, hergestellt. Dabei konnte eine Schwankung des Innendurchmessers von weniger als etwa 0,11 mm beobachtet werden. Insgesamt waren die Innenmaßschwankungen um etwa einen Faktor 10 kleiner.

[0062] Auch die Schwankungen des Außendurchmessers wurden bestimmt. Das frei geformte Glasrohr sollte mit einem Außendurchmesser von 60,00 mm gezogen werden. Es wurde ein minimaler Wert des Außendurchmessers von etwa 59,8 mm und ein maximaler Wert des Außendurchmessers von etwa 60,3 mm gemessen, was einer maximalen Außenmaßschwankung von etwa 0,45 mm entsprach.

[0063] Zum Vergleich wurde bei einem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Glasrohr ein minimaler Wert des Außendurchmessers von 60,02 mm und ein maximaler Wert des Außendurchmessers von etwa 60,18 mm gemessen, was einer Außenmaßschwankung von etwa 0,16 mm entsprach. Die Außenmaßschwankung nach dem erfindungsgemäßen Ziehverfahren war etwa um den Faktor **3** kleiner.

[0064] Weil sich mit dem erfindungsgemäßen Ziehverfahren Glasrohre mit nahezu beliebigen Innenprofilen mit sehr geringen Toleranzen herstellen lassen, eröffnen sich erfindungsgemäß neue Anwendungsbereiche für kalibrierte runde oder profilierte Glasrohre. Neben den bekannten Anwendungen seien beispielhaft angeführt die Verwendung in der Raumausstattung oder in der Möbelindustrie, beispielsweise als Geländerführung (die glatten, wulstfreien Oberflächen ergeben sehr formschöne Raumausstattungs-elemente) oder als dekorative Elemente in der Innenraumausstattung, zur Herstellung von Leuchtmitteln mit noch präziseren Abmessungen und somit besseren und kontrollierteren Leuchteigenschaften, zur Herstellung von dekorativen Leuchtmitteln, zur Herstellung von Abdeckungen von Leuchtmitteln und zur Herstellung von Flaschen, Behältern und dgl., beispielsweise für die pharmazeutische Industrie.

Bezugszeichenliste

1	Ziehvorrichtung
2	Schmelzenzuführung/Schmelzrinne
3	Formkörper/Zugnaedel
4	Profilformungskörper
5	Profiliertes oder kalibriertes Glasrohr
6	Glasschmelze

7	Austretende Glasschmelze
8	Glasbelag
15	Halteauflage/Lager
20	Boden
21	Seitenwand
22	Obere Abdeckung
23	Öffnung
24	Auslaufring
25	Heizvorrichtung
26	Wärmeisolation
30	Formkörperschaft
31	Innenbohrung
32	Profilformungskörper-Schaft/Gestänge
33	Einlass für Prozessluft und/oder inertes Schutzgas
40	Befestigungsöffnung
41	Durchlass für Prozessluft und/oder inertes Schutzgas
50	Ziehzwiebel
51	Anlagebereich an Profilformungskörper 4
F	Zugkraft
Z	Längsverstellung des Profilformungskörpers 4

Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren mit einem vorgegebenen Innenprofil, bei welchem Verfahren:

eine Glasschmelze (**6**) aus einer Austrittsöffnung (**12**) einer Schmelzenzuführung (**2**) austritt und über einen Formkörper (**3**) gezogen wird, sodass eine hohle Ziehzwiebel (**50**) ausgebildet wird, wobei die Ziehzwiebel (**50**) über einen dem Formkörper (**3**) nachgeordneten Profilformungskörper (**4**) gezogen wird, so dass Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel (**50**) in Anlage zu Außenoberflächen des Profilformungskörpers (**4**) verformt werden, um das vorgegebene Innenprofil auszubilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Glasschmelze (**6**) in Richtung der Schwerkraft aus der Austrittsöffnung (**12**) gezogen wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Abstand zwischen dem Formkörper (**3**) und dem Profilformungskörper (**4**) verändert wird, um eine Länge (**51**), über die die Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel (**50**) an den Außenoberflächen des Profilformungskörpers (**4**) anliegen, zu variieren.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Abstand zwischen dem Formkörper (**3**) und dem Profilformungskörper (**4**) durch Verschieben eines Schafts (**32**) in einer Längsbohrung (**31**) eines Formkörperschafts (**30**) verändert wird, wobei der Schaft (**32**) in der Längsbohrung (**31**) geradgeführt ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem durch die

Längsbohrung (**31**) Prozessluft und/oder Schutzgas zu dem Profilformungskörper (**4**) geleitet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Formkörper (**3**) im Bereich der Austrittsöffnung (**12**) angeordnet ist, wobei der Formkörper axial verschoben wird, um das Austreten der Glasschmelze (**6**) aus der Austrittsöffnung (**12**) zu stoppen und ein Austauschen der Profilformungskörpers (**4**) zu ermöglichen.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der Profilformungskörper (**4**) und der Formkörper (**3**) relativ zu der Austrittsöffnung (**12**) der Schmelzenzuführung (**6**) drehstarr gehalten werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem der Formkörper von einem langsam rotierenden, rohrförmigen Körper (**3**) gebildet wird, auf den aus der Austrittsöffnung ein kontinuierlicher Strang (**7**) der Glasschmelze aufläuft, sodass an einem unteren Ende des langsam rotierenden Körpers (**3**) eine Ziehzwiebel (**50**) ausgebildet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem der Profilformungskörper (**4**) synchron zu dem langsam rotierenden, rohrförmigen Körper (**3**) gedreht wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Glasrohr (**5**) mit dem vorgegebenen Innenprofil nach der Kalibrierung bzw. Profilierung an dem Profilformungskörper (**4**) waagrecht umgelenkt und von einer Ziehvorrichtung (**F**) abgezogen wird.

11. Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von kalibrierten runden oder profilierten Glasrohren mit einem vorgegebenen Innenprofil, umfassend eine Schmelzenzuführung (**2**) mit einer Austrittsöffnung (**12**) für eine Glasschmelze (**6**) und eine Ziehvorrichtung (**F**), um die Glasschmelze (**6**) aus der Austrittsöffnung (**12**) und über einen Formkörper (**3**) zu ziehen, um eine Ziehzwiebel (**50**) auszubilden, dadurch gekennzeichnet, dass dem Formkörper (**3**) ein Profilformungskörper (**4**) so nachgeordnet ist, dass die Ziehzwiebel (**50**) über den Profilformungskörper (**4**) ziehbar ist, sodass Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel (**50**) in Anlage zu Außenoberflächen des Profilformungskörpers (**4**) verformbar sind, um das vorgegebene Innenprofil auszubilden.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der der Profilformungskörper (**4**) dem Formkörper (**3**) in Richtung der Schwerkraft nachgeordnet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, bei der der Abstand zwischen dem Formkörper (**3**) und dem Profilformungskörper (**4**) veränderbar ist, um eine Länge (**51**), über die die Innenumfangsoberflächen der Ziehzwiebel (**50**) an den Außenoberflächen

des Profilformungskörpers (4) anliegen, zu variieren.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, bei der der Abstand zwischen dem Formkörper (3) und dem Profilformungskörper (4) durch Verschieben eines Schafts (32) in einer Längsbohrung (31) eines Formkörperschafts (30) veränderbar ist, wobei der Schaft (30) in der Längsbohrung (31) geradeführt ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, bei der durch die Längsbohrung (31) Prozessluft und/oder Schutzgas zu dem Profilformungskörper (4) einleitbar ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei der der Formkörper (3) im Bereich der Austrittsöffnung (12) angeordnet ist, wobei der Formkörper axial verschiebbar ist, um das Austreten der Glasschmelze (6) aus der Austrittsöffnung (12) zu stoppen und ein Austauschen der Profilformungskörpers (4) zu ermöglichen.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, bei der der Profilformungskörper (4) und der Formkörper (3) relativ zu der Austrittsöffnung (12) der Schmelzenzuführung (6) drehstarr gehalten sind.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei der der Formkörper von einem langsam rotierenden, rohrförmigen Körper (3) ausgebildet ist, so dass ein aus der Austrittsöffnung austretender kontinuierlicher Strang (7) der Glasschmelze auf den langsam rotierenden, rohrförmigen Körper (3) aufläuft und an einem unteren Ende des langsam rotierenden Körpers (3) eine Ziehzwiebel (50) ausbildet.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, bei der der Profilformungskörper (4) synchron zu dem langsam rotierenden, rohrförmigen Körper (3) drehbar ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 19, bei der das Glasrohr (5) mit dem vorgegebenen Innenprofil nach der Kalibrierung bzw. Profilierung an dem Profilformungskörper (4) waagrecht umlenkbar und von einer Ziehvorrichtung (F) abziehbar ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

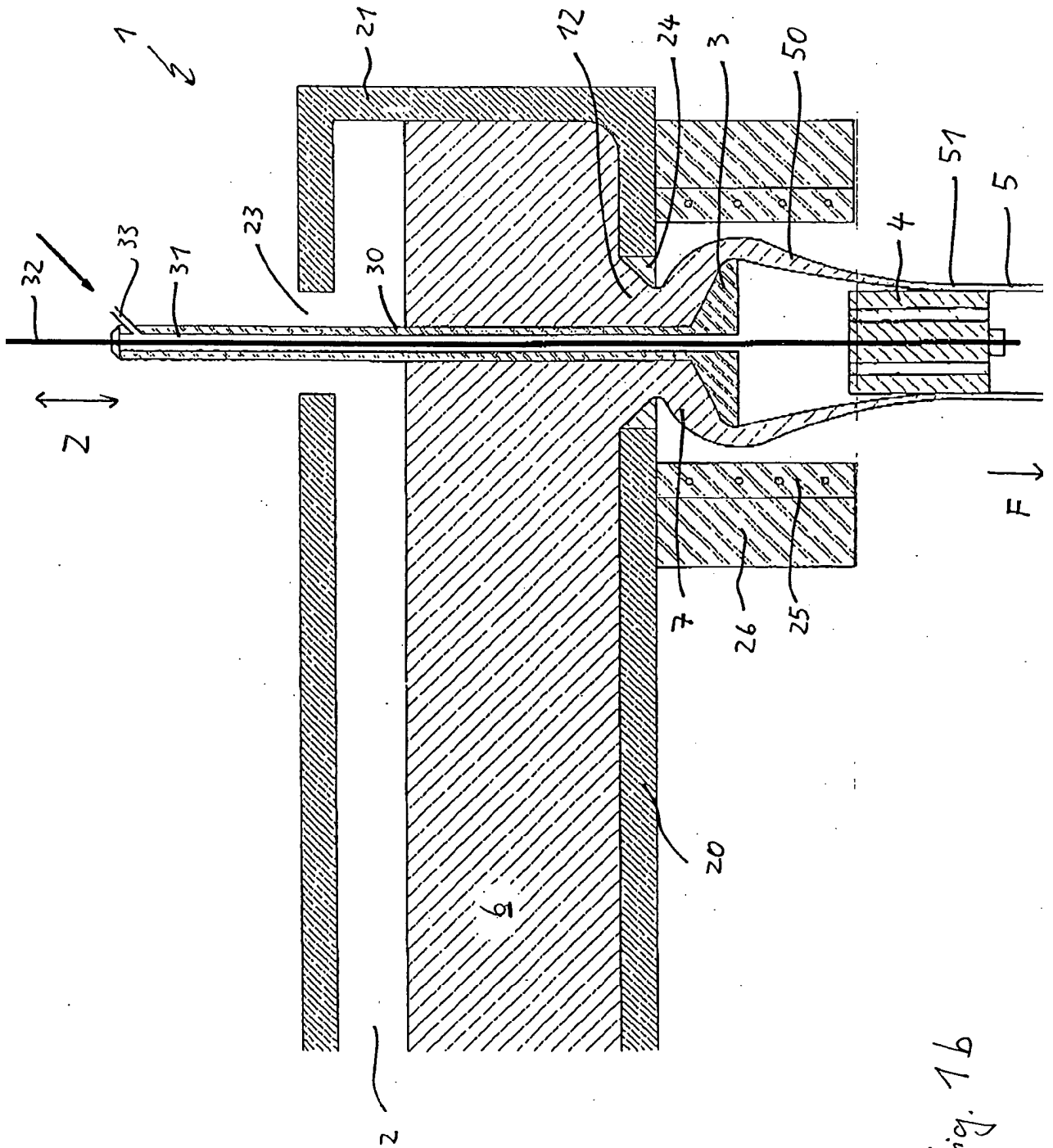


Fig. 1b

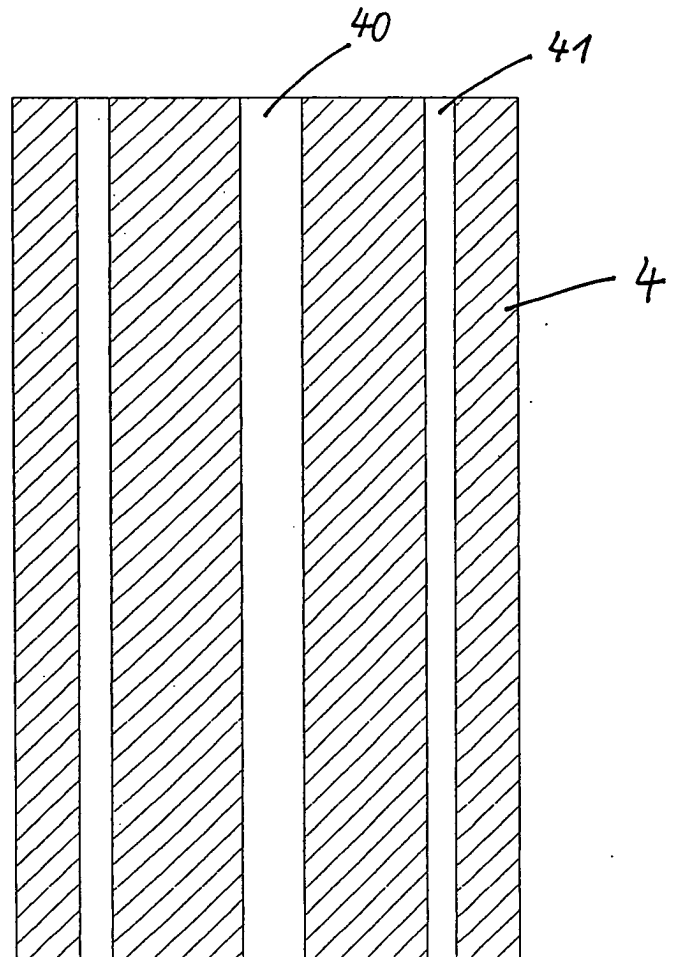
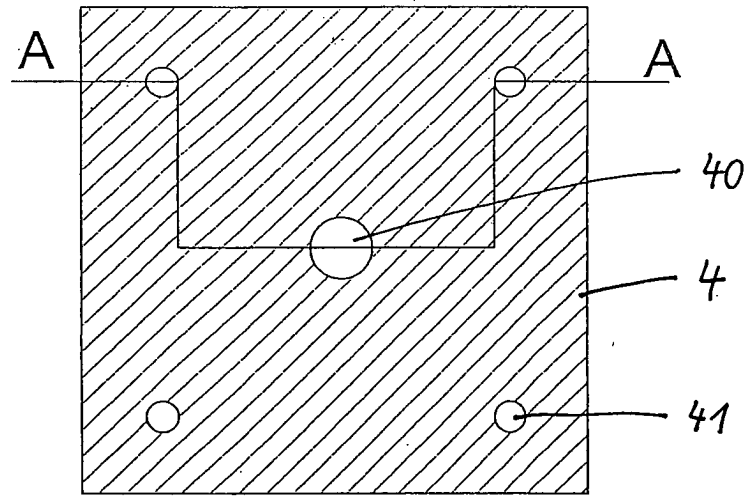


Fig. 2

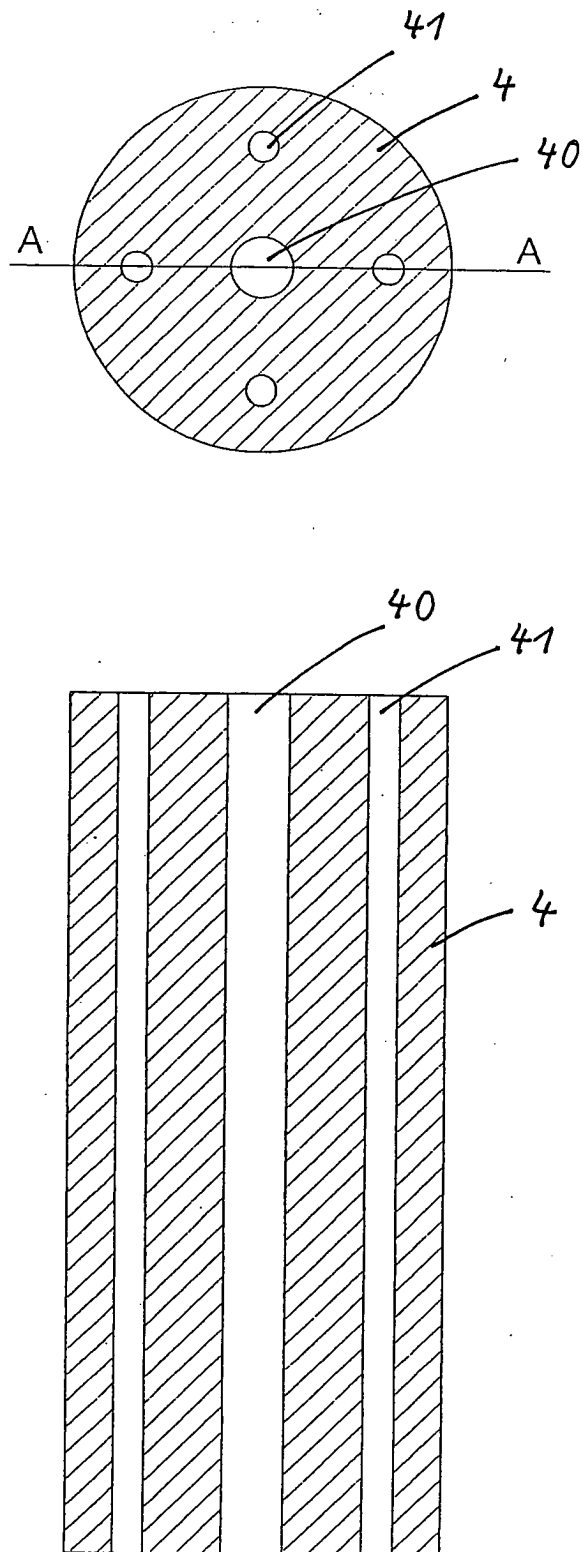


Fig. 3

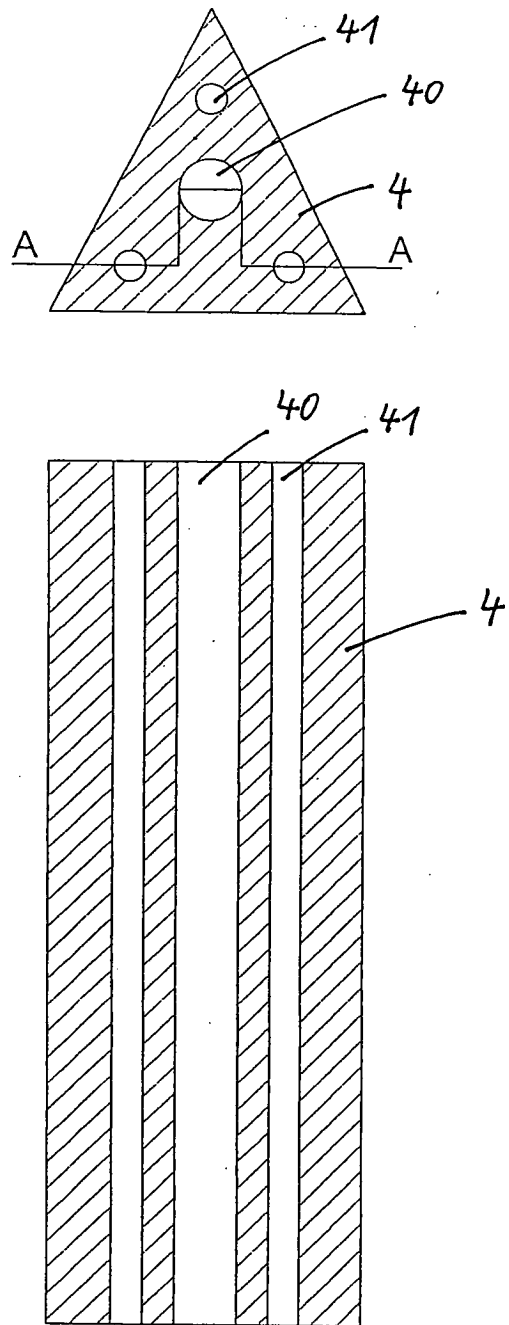


Fig. 4

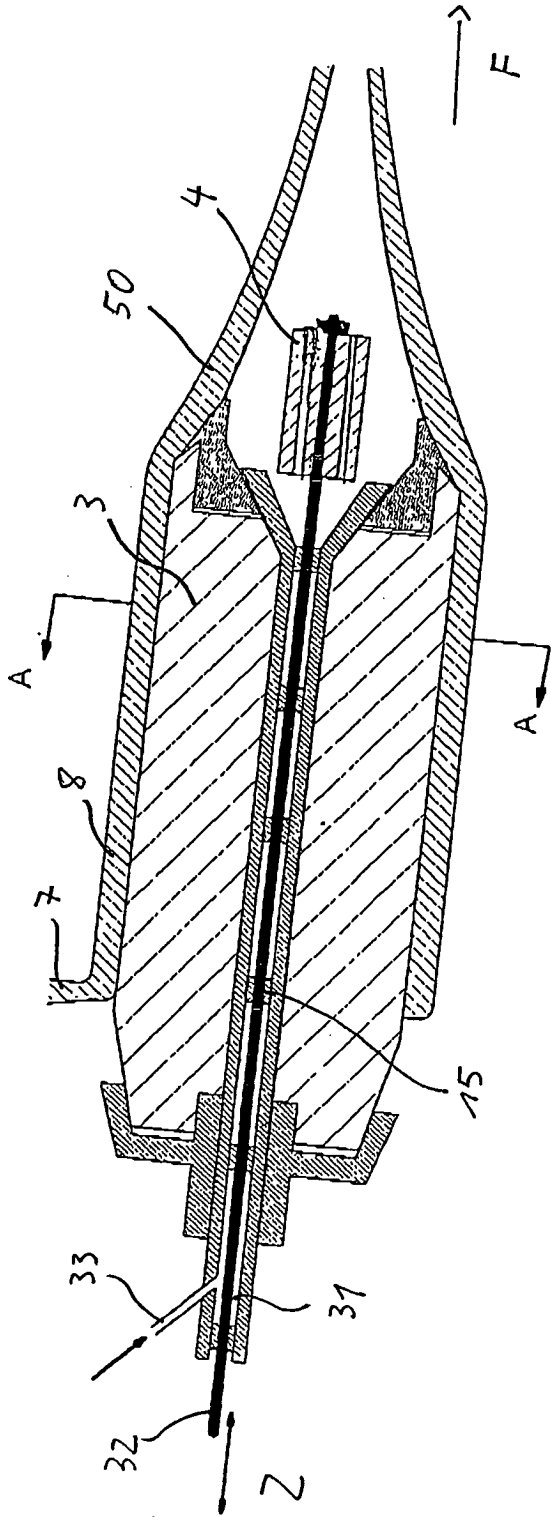
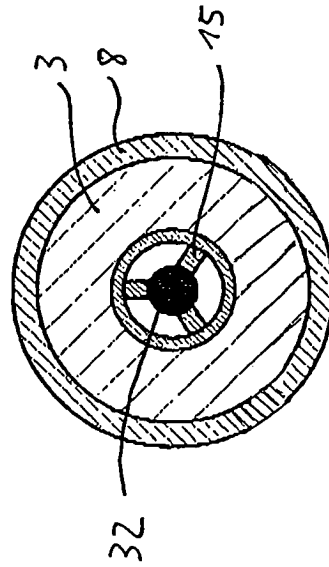


Fig. 5a

Schnitt AA



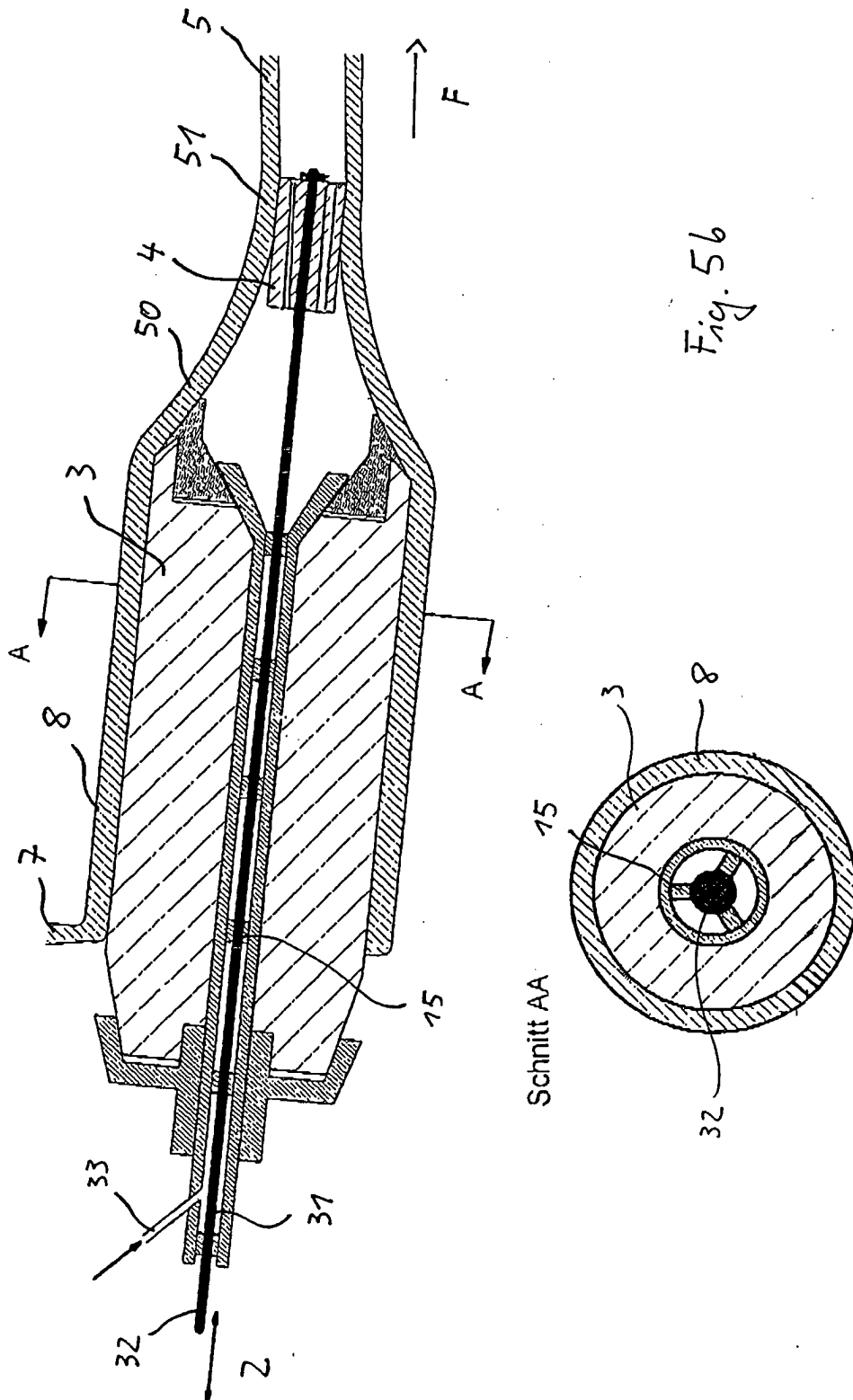


Fig. 56