

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **700 083 A2**

(51) Int. Cl.: **B21C 37/08** (2006.01)
B23K 26/38 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01890/08

(71) Anmelder:
CosmoBrain AG, Hofackerstrasse 6
9606 Bütschwil (CH)

(22) Anmeldedatum: 03.12.2008

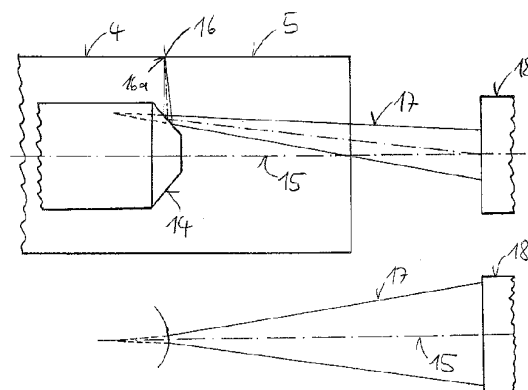
(72) Erfinder:
Werner Boltshauser, 9606 Bütschwil (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.06.2010

(74) Vertreter:
Büchel, von Révy & Partner, Im Zedernpark
9500 Wil SG (CH)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von Rohrabschnitten.**

(57) Beim Abtrennen von Rohrabschnitten (5) von einem kontinuierlich entstehenden Rohr (4) wird eine geschlossene Trennlinie (16) um die Abschnittsachse (15) entlang des Rohrumfangs ausgebildet, welche um eine Abschnittslänge vom freien Rohrende beabstandet ist. Zum Abtrennen eines Rohrabschnittes (5) wird ein von einer Laser-Scaneinrichtung (18) erzeugter Laserstrahl (17) zumindest einmal entlang des gesamten Umfangs eines ersten um die Abschnittsachse ringförmig geschlossenen optischen Elements (14) geführt, wobei der Laserstrahl (17) entlang des gesamten Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements (14) immer quer zur Abschnittsachse (15) auf die Trennlinie (16) umgelenkt wird, so dass ein im Wesentlichen fokussierter Kontaktbereich des Laserstrahls (17) beim entstehenden Rohr (4) vollständig entlang der geschlossenen Trennlinie (16) geführt wird und dabei der Rohrabschnitt (5) vom entstehenden Rohr (4) abgetrennt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruches 1, auf eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 10 und auf Rohrabschnitte nach dem Oberbegriff des Anspruches 15.

[0002] Beim Herstellen von metallischen Teilen mit einem in Umfangsrichtung geschlossenen Mantel kann ein flaches Bandmaterial kontinuierlich in die geschlossene Form umgeformt werden. Dazu werden die beiden seitlichen Ränder um eine Längsachse zusammengeführt und durch eine Schweissnaht miteinander verbunden. Vom entstehenden Rohrstück werden die gewünschten Rohrabschnitte bzw. Mantelabschnitte abgetrennt. Die Rohrabschnitte können als Rohrteile verwendet oder zu gewünschten Teilen weiterverarbeitet werden.

[0003] Aus der WO 2006/074 570 ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Längsnaht als gestossene Naht an einem flachgedrückten entstehenden Rohr ausgebildet wird. Nach dem Ausbilden der Längsnaht wird das entstehende Rohr in einen runden Querschnitt aufgeweitet und es werden Rohrabschnitte abgetrennt. Zum Abtrennen wird im Innern des Rohres eine Stützkante bereitgestellt. Die Stützkante ist im Wesentlichen kreisförmig geschlossen, verläuft in einer Normalebene zur Längsachse des Rohres und liegt direkt an der Innenseite der Rohrwand an. Dieser Stützkante ist ein Schneidwerkzeug zugeordnet, welches beim Schneiden entlang der Stützkante gedreht wird, so dass sich ein Schneidbereich in Rohrumfangsrichtung einmal entlang des Rohrumfanges dreht und dabei einen Rohrabschnitt abtrennt. Während des Schneidvorganges bewegen sich die Stützkante und das Schneidelement mit dem Wandmaterial mit. Nach dem Schneidvorgang wird das Schneidelement, relativ zur Stützkante und zum Rohr in eine berührungsfreie Lage bewegt und in Richtung der Längsachse gegen die Bewegung des entstehenden Rohrs zurück zur Ausgangslage vor dem Schneidvorgang gebracht um anschliessend einen weiteren Schneidvorgang durchzuführen. Das Schneidelement muss im richtigen Takt radial und axial bewegt werden. Die für diese beiden Bewegungen nötigen Antriebe müssen bei einer hohen Rohr-Vorschubgeschwindigkeit in axialer Richtung mit grossen Beschleunigungskräften bewegt werden, was mit einem grossen Aufwand verbunden ist.

[0004] Rohrabschnitte, die nach dem oben beschriebenen Verfahren hergestellt sind, können als Dosen-Mäntel für Dosen verwendet werden, wobei jeder Mantel eine Längs-Schweissnaht aufweist. Der Boden und/oder der obere Abschluss sind am Dosenmantel befestigt. Aus der WO2005/000 498 A1 sind Ausführungsformen von Dosenkörpern bekannt, bei denen ein oberer Abschlussteil mittels Laserschweissen mit dem Dosenmantel verbunden wird.

[0005] Unter Dosenkörpern sollen alle Gefässe, insbesondere Aerosoldosen, Getränkedosen aber auch Tuben und gefässförmige Zwischenprodukte verstanden werden. Ein schnelles Schneidverfahren kann bei der Herstellung von Dosenmänteln besonders vorteilhaft eingesetzt werden, weil dort die Abschnitte relativ kurz sind und bei einer hohen Produktionsgeschwindigkeit nur kurze Schneidzyklen möglich sind.

[0006] Bei der Dosenherstellung ist es besonders vorteilhaft, wenn dünnes Blech eingesetzt werden kann, weil dadurch das pro Dose verbrauchte Material und damit auch die Kosten minimiert werden. Das mechanische Schneiden von besonders dünnen Blechen ist schwierig, weil der Abstand zwischen Stützkante und Schneidwerkzeug in einem äusserst engen Toleranzbereich liegen muss. Wenn die Stützkante von der Zuführseite der Rohrherstellung her gehalten wird, also von dort wo das Rohr noch nicht geschlossen ist, so liegen zwischen der Stützkante und ihrer Befestigung lange Verbindungsteile, die zu Positionsungenauigkeiten führen können.

[0007] Wenn die Stützkante vom offenen Ende des entstehenden Rohres her gehalten wird, so muss sie von der offenen Seite her entgegen der Vorschubrichtung des Mantel-Bandes in den abzutrennenden Mantelabschnitt eingeführt und dort in der richtigen Position mit dem Rohr mitbewegt werden. Beim Schneidvorgang soll die Stützkante in einer mit der Position des Schneidwerkzeugs koordinierten Lage innen am Wandmaterial anliegen. Nach dem Schneiden muss der Rohrabschnitt von der Stützkante bzw. von dem Teil mit der Stützkante weggezogen und die Stützkante wieder ins Rohr eingeführt werden. Die Bewegungen der Stützkante müssen schnell und mit entsprechend grossen Beschleunigungskräften durchgeführt werden, damit die während des Abtrennens eines Abschnittes entstehende Rohrlänge kleiner ist als die Länge des abgetrennten Abschnitts.

[0008] Ein schnelles Abtrennen ist wichtig, wenn die Rohrabschnitte beispielsweise für eine Dosenherstellung mit Produktionsdurchsätzen von 300 bis 600 Dosen pro Minuten verwendet werden sollen. Die bekannten mechanischen Trennverfahren sind aufwändig, weil relativ grosse Massen beschleunigt werden müssen und die Trennzyklen nicht noch weiter verkürzt werden können.

[0009] Im Bereich der Dosenherstellung sind Trennschritte bekannt, die unter Verwendung von Laserstrahlen durchgeführt werden. US 4 539 463 beschreibt beispielsweise das Abtrennen eines zum Formen benötigten Anschlussteiles eines Kunststoff-Behälters mit einem Laserstrahl. Der Kunststoffbehälter wird dabei in einer Halterung um die eigene Achse gedreht, so dass eine Umfangslinie am Laserstrahl-Austrittskopf vorbei bewegt wird. Der Dosenmantel besteht aus einem mehrschichtigen Kunststofflaminat, von dem der Laserstrahl alle Schichten durchtrennt. Die beschriebene Lösung eignet sich nur für das Abtrennen von Teilen einer einzelnen Dose. Die Drehhalterung und das Drehen während des Abtrennens ist nicht geeignet für das Abtrennen von Rohrabschnitten eines kontinuierlich entstehenden Rohres.

[0010] WO 2008/065 063 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Beschneiden des offenen Dosenendes von Kunststoffdosen. Mehrere zu beschneidende Dosen werden in Halterungen eines Drehtellers eingesetzt. An einer Drehtellerposition ist dem zu beschneidenden Dosenende ein Scanlaser zugeordnet. Scann-Mittel ermöglichen die Führung des Laserstrahls

entlang eines vorgegebenen Schneidweges. Beim Schneiden überstreicht der Laserstrahl eine Konusfläche mit einer Achse die auf der Achse der zu beschneidenden Dose liegt. Der bei der Schneidstelle relativ zur Dosenachse etwas nach aussen gerichtete Laserstrahl erzielt eine an die Ausrichtung der Konusfläche angepasste schräge Schnittstelle, die aufgrund des schmelzenden Kunststoffs kantenfrei bzw. abgerundet ausgeformt ist. Dieses Schneidverfahren ist auf in Halterungen eingesetzte fertige Dosen beschränkt, wobei nur das der Schneideinrichtung zugewandte freie Ende beschnitten werden kann und auch dort die Schneidfläche nicht im Wesentlichen radial, sondern konisch mit einem spitzen Winkel zur Dosenachse ausgerichtet ist.

[0011] Aus dem Stande der Technik sind verschiedene Laser-Bearbeitungsvorrichtungen bekannt. US 6 541 732 B2 beschreibt eine Laser-Scanvorrichtung, bei welcher der Laserstrahl zum Ausbilden einer Bohrung mit zylindrischer Berandung in paralleler Ausrichtung auf einer Kreisbahn bewegt werden kann. WO 2007/079 760 A1 beschreibt einen Scannerkopf, der an einem Roboterarm eine räumlich frei orientierbare Laserachse bereitstellt. DE 10 2005 033 605 A1 beschreibt die Optik eines Scanlasers mit einem um zwei Achsen kardanisch bewegbaren Scanner-Spiegeln. Um den Fokuspunkt in einem gewünschten Abstand zum Scannerspiegel einstellen zu können, ist eine verschiebbare Konkavlinse vorgesehen. Der Scannerlaser wird an einem Roboterarm befestigt und damit an die gewünschte Arbeitsstelle gebracht. US 6 355 907 B1 beschreibt eine Laser-Bohrvorrichtung bei der zur Bewegung der Strahlachse ein planparalleles transparentes Element, transparente Keilelemente und eine transparente Dove Prisma eingesetzt werden. Durch die jeweils spezifische Ausrichtung solcher prismaförmiger Elemente kann die Achse des austretenden Strahls relativ zur Achse des eintretenden Laserstrahls parallel versetzt und nur wenig geneigt werden.

[0012] Aus der DE 19 844 760 A1 ist ein Laser-Schweisskopf zur Innenrohrschweissung bekannt. Dieser Schweisskopf umfasst einen Umlenkspiegel, der einen parallel zur Rohrachse zugeführten Laserstrahl radial nach aussen umlenkt. Zum Schweissen im Innern eines Rohres wird der Schweisskopf in das Rohr eingeführt und an der gewünschten Stelle um seine Achse gedreht. Rollenlager mit einer Anpresseinrichtung gewährleisten eine konstante Fokuspositionierung. Dieser Bearbeitungskopf ist nicht geeignet zum Abtrennen von Rohrabschnitten an einem entstehenden Rohr, weil bei kurzen Trennzyklen grosse Beschleunigungskräfte aufgebracht werden müssten und die abgetrennten Rohrstücke nur mit weiteren grossen Bewegungen vom Schweisskopf genommen werden könnten.

[0013] Die aus dem Stande der Technik bekannten Scann-Laser müssten mit einem Roboterarm um das entstehende Rohr bewegt werden, um im Abstand des gewünschten Rohrabschnittes mit einem zum Rohr möglichst radial ausgerichteten Laserstrahl einen Schnitt durchzuführen. Die Roboteranordnung ist für eine Bewegung um den Rohrumfang äusserst aufwändig. Zudem müsste die Schneidposition mit dem entstehenden Rohr mitgeführt werden. Die Bewegungen eines Roboterarms sind für das Abtrennen von Rohrabschnitten, bzw. für eine Kreisbewegung um das Rohr nicht geeignet.

[0014] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lösung zu finden mit der ein schnelles und einfaches Abtrennen von Rohrabschnitten von einem kontinuierlich hergestellten Rohr erzielt wird.

[0015] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 bzw. 10 bzw. 15 gelöst. Die abhängigen Ansprüche beschreiben bevorzugte bzw. alternative Ausführungsformen.

[0016] Beim Abtrennen von Rohrabschnitten von einem kontinuierlich entstehenden Rohr wird eine geschlossene Trennlinie um die Abschnittsachse entlang des Rohrumfanges ausgebildet, welche um eine Abschnittslänge vom freien Rohrende beabstandet ist. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde in einem ersten erfinderischen Schritt erkannt, dass der vorstehende Rohrabschnitt ein direktes Zuführen eines Laserstrahls von einer in Richtung der Abschnittsachse ausgerichteten Laser-Einrichtung verunmöglicht. Es wurde erkannt, dass zum Abtrennen eines Rohrabschnittes ein von einer Laser-Scaneinrichtung erzeugter Laserstrahl zumindest einmal entlang des gesamten Umfangs eines ersten um die Abschnittsachse ringförmig geschlossenen optischen Elements geführt werden soll, wobei der Laserstrahl entlang des gesamten Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes immer quer zur Abschnittsachse auf die Trennlinie umgelenkt wird.

[0017] Beim erfinderischen Herstellen von Rohrabschnitten wird bandförmiges Flachmaterial mit einer Vorschubgeschwindigkeit kontinuierlich vorgeschoben, quer zur Bandachse in eine geschlossene Form umgeformt und mit dem Schweissen einer Längsnaht zu einem entstehenden Rohr gebildet. Am freien Rohrende werden Rohrabschnitte abgetrennt, wobei sich ein abzutrennender Rohrabschnitt über eine Abschnittslänge entlang einer Abschnittsachse erstreckt, beim Abtrennen eine geschlossene Trennlinie um die Abschnittsachse entlang des Rohrumfanges ausgebildet wird und die Trennlinie in einer mit dem entstehenden Rohr kontinuierlich vorgeschobenen Trennebene liegt, die um eine Abschnittslänge vom freien Rohrende beabstandet ist. Zum Abtrennen wird ein von einer Laser-Scaneinrichtung erzeugter Laserstrahl zumindest einmal entlang des gesamten Umfangs des ersten um die Abschnittsachse ringförmig geschlossenen optischen Elements geführt und der Laserstrahl entlang des gesamten Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes immer quer zur Abschnittsachse auf die Trennlinie gerichtet, so dass ein im Wesentlichen fokussierter Kontaktbereich des Laserstrahls beim entstehenden Rohr vollständig entlang der geschlossenen Trennlinie geführt wird und dabei der Rohrabschnitt vom entstehenden Rohr abgetrennt wird.

[0018] Für die Materialbearbeitung mit Laserstrahlen können verschiedene Bearbeitungsoptiken eingesetzt werden. Sie alle nutzen optische Elemente in der Form von Linsen und/oder Spiegeln, um den Laserstrahl zu fokussieren. Für die Strahlführung können auch transparente optische Elemente eingesetzt werden, bei denen die Strahlrichtung aufgrund der Brechung an den Oberflächen der Elemente geändert wird. Zu diesen Elementen gehören Elemente mit planparallelen

Oberflächen sowie Prismen mit Oberflächen, die unter bestimmten Winkeln zueinander verlaufen. Nebst der Strahlführung und dem Fokussieren sind für die erfolgreiche Materialbearbeitung noch weitere Aufgaben zu lösen. Zum Schneiden ist es gängig, dass Zusatzstoffe zugeführt werden. Optische Elemente, die sich bei der Materialbearbeitung zu stark erwärmen, müssen gekühlt werden. Dies gilt beispielsweise auch für hochreflektierende Spiegel, die zwischen 0.5 und 2% der Laserleistung absorbieren. Mit Schutzvorrichtungen, insbesondere mit Gasströmen, werden Schmutz und Staub von den optischen Elementen ferngehalten. Mit Sensoren werden gegebenenfalls wichtige Prozessparameter überwacht. Die Art der Polarisierung des Laserlichtes kann für die jeweilige Anwendung optimiert werden. Bei Anwendungen mit nur einer Bearbeitungsrichtung kann linear polarisiertes Laserlicht vorteilhaft eingesetzt werden, wobei die Polarisationsrichtung vorzugsweise mit der Schnittrichtung übereinstimmt.

[0019] Beim Laser-Schneiden schmilzt der Laserstrahl das Material fortlaufend auf und die Schmelze wird meist von einem Gasstrom aus der Schnittfuge geblasen. Von den bekannten Schneidverfahren kann jeweils das am meisten geeignete eingesetzt werden. Brennschneiden ist ein Standardverfahren zum Schneiden von Stahl, wobei Sauerstoff als Schneidgas eingesetzt wird. Beim Schmelzschnneiden wird als Schneidgas meist Stickstoff - bei der Bearbeitung von Titan aber Argon - eingesetzt. Zum Schneiden dünner Bleche kann auch Druckluft eingesetzt werden, was aufgrund der tieferen Kosten vorteilhaft ist. Druckluft mit 5 bis 6 bar genügt, um die Schmelze aus dem Schnittspalt zu blasen. Weil die Luft vor dem Komprimieren getrocknet und entölt werden muss, relativiert sich der Kostenvorteil gegenüber Stickstoff. Mit 5 Kilowatt Laserleistung und 6 bar Luftdruck lässt sich bereits Blech mit einer Dicke von 2 Millimeter gratfrei schneiden. Beim Sublimierschneiden soll der Laser das Material möglichst schmelzarm verdampfen, was aber nur mit hohen Laserleistungen und kleineren Schneidgeschwindigkeiten erzielt werden kann und bei Metallen sehr selten eingesetzt wird.

[0020] Beim plasmaunterstützten Schmelzschnneiden mit CO₂-Lasern bildet sich im Schnittspalt eine Plasmawolke aus ionisiertem Metaldampf und ionisiertem Schneidgas. Die Plasmawolke bewirkt, dass mehr Energie ins Material gelangt. Dies erlaubt höhere Schneidgeschwindigkeiten. Die Plasmawolke darf aber nicht nach oben aus dem Schnittspalt austreten, sonst schirmt sie den Laserstrahl von der Materialoberfläche ab. Das plasmaunterstützte Schmelzschnneiden ist bei dünnen Blechen sehr vorteilhaft, weil es sehr hohe Schneidgeschwindigkeiten ermöglicht. Bei einer Blechdicke von 1 Millimeter kann eine Geschwindigkeit von 40 Meter pro Minute erreicht werden.

[0021] Von einem auf das metallische Rohr treffenden Strahl wird ein Teil der Energie absorbiert und ein Teil reflektiert. Der Absorptionsgrad hängt von Laser-Wellenlänge, der Laser-Polarisation, dem Auftreffwinkel der Laserstrahls, vom Rohrmaterial, von der Temperatur, sowie von der Geometrie und der Beschaffenheit der Oberfläche ab. Je höher der Absorptionsgrad, desto mehr Energie steht für die Bearbeitung zur Verfügung. Die Wärmeleitfähigkeit des Rohrmaterials beeinflusst den Bearbeitungsprozess, je niedriger sie ist, umso besser kann die Bearbeitung auch mit tieferer Energie durchgeführt werden. Die Leistungsdichte entspricht der pro Fläche eingebrachten Leistung. Die Leistungsdichte und die Einwirkzeit bestimmen, welche Energie pro Fläche in das bearbeitete Material eingebracht wird. Die Leistungsdichte lässt sich über die Laserleistung und die Fokussierung steuern. Die Einwirkzeit lässt sich bei gepulsten Lasern über die Pulsdauer und im bewegten Zustand über die Vorschubgeschwindigkeit anpassen. Für das Schneiden können Leistungsdichten ab 10 kW/mm² und Einwirkzeiten im Bereich von Millisekunden eingesetzt werden.

[0022] Um ein möglichst effizientes Laserschneiden zu erzielen, soll der Laserstrahl so auf die zu bearbeitende Fläche auftreffen, dass die für das Schneiden nötige Energie absorbiert wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nebst dem Fokus auch die Grösse der Schärfentiefe einen Einfluss auf den Schneidvorgang hat. Die Schärfentiefe definiert eine Ausdehnung in Richtung der Laserachse innerhalb welcher der Strahlquerschnitt auf die doppelte Fokusfläche aufgeweitet ist. Wenn ein Strahl flach auf das zu bearbeitende Material gelangt, so erstreckt sich die Schärfentiefe gegebenenfalls zu wenig tief ins Material um einen Schnitt durch das Material auszuführen.

[0023] Beim Abtrennen von Rohrabschnitten wird um die Abschnittsachse entlang des Rohrumfanges eine geschlossene Trennlinie ausgebildet, wobei die Trennlinie vorzugsweise in einer mit dem entstehenden Rohr kontinuierlich vorgeschobenen senkrecht zur Abschnittsachse stehenden Trennebene liegt. Bei der Bearbeitung eines im Querschnitt kreisförmigen Rohres ist es vorteilhaft, wenn der Laserstrahl auf die Rohrachse ausgerichtet ist und zwischen der Trennebene und der Achse des auf das Rohr treffenden Strahlabschnitts ein Winkel ausgebildet ist, der kleiner als 45° vorzugsweise kleiner als 30° und insbesondere kleiner als 15° ist.

[0024] Bei einem Rohr mit kreisförmigem Querschnitt ist es vorteilhaft wenn das erste ringförmig geschlossene optische Element kreisförmig um die Abschnittsachse verläuft, sowie eine in Längsebenen durch die Abschnittsachse zur Abschnittsachse geneigt verlaufende, insbesondere konische oder konkave, Oberfläche aufweist und die Laser-Scaneinrichtung im Wesentlichen in Richtung der Abschnittsachse auf das entstehende Rohr ausgerichtet ist, wobei die fokussierende Wirkung des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes und die Fokus-Ausgestaltung des auf das erste optische Element gelangenden Strahls die für das Schneiden nötige Fokussierung des Kontaktbereichs gewährleisten.

[0025] Um Bewegungen von Massen zu minimieren wird die Laser-Scaneinrichtung ortsfest angeordnet und beim Abtrennen die Ausrichtung des Laserstrahls auf die kontinuierlich vorgeschobene Trennlinie dadurch erzielt, dass die Lage des Laserstrahls auf dessen Abschnitt direkt vor dem ersten ringförmig geschlossenen optischen Element relativ zur Abschnittsachse während der Bewegung des Laserstrahls entlang des Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements geändert wird. Die Lage des Laserstrahls wird auf die von der radialen Auftreffposition des Laserstrahls auf dem ersten ringförmig geschlossenen optischen Element abhängige Umlenkeigenschaft des ersten optischen Elements,

die Lage der Auftreffposition entlang des Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements und die Vorschubgeschwindigkeit des entstehenden Rohres abgestimmt. Das heisst, dass der Strahl bei der Bewegung entlang des Umfangs des ersten optischen Elementes zusätzlich so in radialer Richtung bewegt wird, dass sich der Schneidpunkt in axialer Richtung mit der Vorschubgeschwindigkeit des entstehenden Rohres bewegt. Zudem wird fortlaufend gewährleistet, dass die Fokussierung auf die vom Laserstrahl getroffene Stelle der Trennlinie abgestimmt ist. Dazu umfasst die Laser-Scaneinrichtung zumindest einen bewegbaren Spiegel und insbesondere ein verstellbares Fokussierelement.

[0026] Um eine genaue Führung des Laserstrahls und bei der Schneidstelle eine möglichst optimale Fokussierung zu erzielen, ist es vorteilhaft wenn das erste ringförmig geschlossene optische Element um das entstehende Rohr angeordnet ist und daher der Laserstrahl vom Äusseren des entstehenden Rohres her auf die Trennlinie gerichtet wird. Die Lage des ersten optischen Elementes muss während des Betriebes immer sehr genau beibehalten werden, damit die Trennlinie richtig ausgeführt wird. Diese genaue Position kann mit einem aussen am Rohr angeordneten ersten optischen Element einfacher gewährleistet werden als mit einem im Rohrinnen angeordneten ersten optischen Element, das ja über einen grossen Abstand von der Zuführseite des Bandmaterials her gehalten werden müsste. Ein weiterer Vorteil des aussen angeordneten ersten optischen Elementes besteht darin, dass durch die Umlenkung des Laserstrahls in eine Richtung mit einem Anteil radial nach innen der Strahl in seiner Ausdehnung tangential zur Trennlinie etwas fokussiert wird. Bei einem im Rohrinnen angeordneten ersten optischen Element würde die Umlenkung nach aussen zu einer leichten Defokussierung führen, was bedeutet, dass der zugeführte Strahl stärker fokussiert sein müsste, damit beim Rohr die gewünschte Fokussierung erzielt würde. Wenn im Rohrinnen kein optisches Element angeordnet ist, so bleibt der Platz frei für eine Abgabevorrichtung zum Abgeben von abgetrennten Rohrab schnitten. Eine solche Abgabevorrichtung kann den Rohrab schnitt während des Schneidvorgangs halten und gegebenenfalls gewährleisten, dass der Rohrab schnitt mit einer Kraft in der Richtung des Rohrvorschubs beaufschlagt wird. Nach dem vollständigen Abtrennen kann die Abgabevorrichtung mit einer Kippbewegung sicherstellen, dass der Rohrab schnitt ohne Kontakt zum aussen angeordneten ersten optischen Element weggeführt wird.

[0027] Eine besonders einfache Mitführung des Laser-Schneidpunktes in axialer Richtung mit der Rohrbewegung kann dann erzielt werden, wenn die Laser-Scaneinrichtung ein quer zur Abschnittsachse nach aussen umlenkendes optisches Element umfasst, welches um die Abschnittsachse drehbar gelagert ist und von dem der Laserstrahl in einem verstellbaren Abstand zur Abschnittsachse im Wesentlichen parallel zur Abschnittsachse auf das erste ringförmig geschlossene optische Element gerichtet wird. Mit einer zur Abschnittsachse parallelen Verschiebung des auf das erste optische Element gerichteten Laserstrahl-Abschnitts wird eine gewünschte Bewegung des auf das entstehende Rohr treffenden Laserstrahls bewirkt, was eine einfache Mitführung des das Rohr treffenden Laserstrahls mit der Bewegung des entstehenden Rohres ermöglicht.

[0028] Das nach aussen umlenkende optische Element wird beispielsweise als laserbrechendes Element mit zwei planparallelen Oberflächen ausgebildet. Wenn nun dieses vorzugsweise zylindrische Element unter einem verstellbaren Winkel von der Abschnittsachse wegführt, so kann ein entlang der Abschnittsachse ausgerichteter Laserstrahl durch eine der planparallelen Oberflächen in das umlenkende optische Element eintreten und von der Abschnittsachse beabstandet wieder durch die andere der planparallelen Oberflächen austreten. Dabei wird der austretende Strahl parallel zum eintretenden Strahl weitergeführt. Der Abstand zwischen diesen beiden Strahlabschnitten hängt vom Abstand der beiden planparallelen Oberflächen des umlenkenden optischen Elementes und dem Winkel zwischen der Abschnittsachse und den planparallelen Oberflächen ab. Es versteht sich von selbst, dass das umlenkende optische Element beispielsweise auch aus zwei zusammenwirkenden Prismen mit verstellbarem Abstand gebildet werden kann.

[0029] Eine weitere einfache Mitführung des Laser-Schneidpunktes in axialer Richtung mit der Rohrbewegung kann dann erzielt werden, wenn ein weiteres ringförmig geschlossenes optisches Element eingesetzt und ein von der Laser-Scaneinrichtung erzeugter Laserstrahl zumindest einmal entlang des gesamten Umfangs des ersten und des weiteren ringförmig geschlossenen optischen Elementes geführt wird, wobei der Strahl über das weitere ringförmig geschlossene optische Element zum ersten ringförmig geschlossenen optischen Element geführt wird.

[0030] Bei der Verwendung eines weiteren ringförmigen optischen Elementes ist der Aufbau des ersten und des weiteren optischen Elementes dann besonders einfach, wenn der Strahl von der Laser-Scaneinrichtung im Wesentlichen senkrecht zur Abschnittsachse radial nach aussen zum weiteren optischen Element gelangt. Es wäre möglich, dass ein um die Abschnittsachse rotierender Laserstrahl von einem statischen rotationssymmetrischen Element zum weiteren optischen Element umgelenkt würde, wobei dann aufgrund eines konvexen Anteils der konvexen Umlenkfläche der Laserstrahl zumindest in der Strahlausdehnung senkrecht zur Abschnittsachse etwas defokussiert würde.

[0031] Um eine unerwünschte Defokussierung zu vermeiden, wird ein ebenes oder gegebenenfalls konkaves um die Abschnittsachse rotierendes radial nach aussen umlenkendes optisches Element eingesetzt. Dieses rotierende Element kann mit einem Spiegel oder gegebenenfalls mit mindestens einem Prisma, beispielsweise einem Pentaprisma, ausgebildet werden. Der Laserstrahl wird coaxial zur Abschnittsachse auf das radial nach aussen umlenkende optische Element gerichtet. Das erste und das weitere ringförmig geschlossene optische Element sind beide vorzugsweise je als konische Spiegel mit Öffnungswinkeln von 45° ausgebildet. Dadurch wird ein senkrecht zur Abschnittsachse radial nach aussen auf das weitere optische Element treffender Laserstrahl parallel zur Abschnittsachse auf das erste optische Element geführt. Beim ersten optischen Element wird der Laserstrahl radial nach innen auf das entstehende Rohr gerichtet. Mit einer Verschiebung des radial nach aussen gerichteten Laserstrahls in Richtung der Abschnittsachse wird eine gewünschte

Bewegung des radial auf das entstehende Rohr treffenden Laserstrahls erzielt, was eine einfache Mitführung des das Rohr treffenden Laserstrahls mit der Bewegung des entstehenden Rohres ermöglicht. Um diese Mitführung zu ermöglichen wird das rotierende optische Element der Laser-Scaneinrichtung auch entlang der Abschnittsachse verschiebbar ausgebildet.

[0032] Wenn der Laserstrahl nicht parallel zur Abschnittsachse auf das erste optische Element gelang, so kann die Mitführung des Laser-Schneidpunktes in axialer Richtung mit der Rohrbewegung auch durch eine Bewegung des ersten optischen Elementes erzielt werden. Die Laser-Scaneinrichtung kann ortsfest angeordnet werden. Beim Abtrennen wird die Ausrichtung des Laserstrahls auf die kontinuierlich vorgeschobene Trennlinie dadurch erzielt, dass das erste ringförmig geschlossene optische Element beim Trennen mit dem entstehenden Rohr mitbewegt wird. Gegebenenfalls muss zusätzlich die Ausrichtung des Laserstrahls angepasst werden.

[0033] Zur Fokussierung können die aus dem Stande der Technik bekannten fokussierenden Elemente wie Linsen und konkave Spiegel an verschiedenen Stellen angeordnet und verschieden ausgebildet werden. Weil das erste ringförmig geschlossenen optischen Element bei der Umlenkung des Laserstrahls in eine Richtung mit einem Anteil radial nach innen den Strahl in seiner Ausdehnung tangential zur Trennlinie etwas fokussiert wird gegebenenfalls ein ringförmiges Fokussierelement eingesetzt, das den Strahl auch in Ebenen mit der Abschnittsachse (also senkrecht zur tangentialen Fokussierung) gleich fokussiert. Wenn das erste optische Element von einem Spiegel gebildet wird, so kann die Fokussierung in Ebenen mit der Abschnittsachse durch eine entsprechende Krümmung des Spiegels in Schnitten mit diesen Ebenen gewährleistet werden.

[0034] Gegebenenfalls wird aber zumindest ein Teil der Fokussierung in den Ebenen mit der Abschnittsachse durch eine ringförmige Linse erzielt, die vorzugsweise zwischen dem ersten optischen Element und dem Rohr angeordnet ist. Weil die vom ersten optischen Element erzielbare Fokussierung tangential zur Trennlinie nicht auf die Rohroberfläche sondern auf die Abschnittsachse gerichtet ist, wird der aus der Laser-Scaneinrichtung austretende Laserstrahl vorzugsweise bereits etwas fokussiert sein, um am Ende der Strahlführung einen Fokus auf der Rohroberfläche zu gewährleisten.

[0035] Es versteht sich von selbst, dass zur Führung des Laserstrahls zusätzlich zum ersten um die Abschnittsachse ringförmig geschlossenen optischen Element alle aus dem Stande der Technik bekannten optischen Elemente eingesetzt werden können.

[0036] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf das Abtrennen von Rohrabschnitten eines im Querschnitt kreisförmigen Rohres eingeschränkt. Wenn das Rohr einen anderen Querschnitt aufweist, beispielsweise einen ovalen oder gegebenenfalls einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt, so wird das erste um die Abschnittsachse ringförmig geschlossene optische Element entsprechend ausgebildet und die Führung des Laserstrahls zum ersten optischen Element an dessen Geometrie angepasst. Es ist ein wesentlicher Vorteil der neuen und erfinderischen Lösung, dass nun Rohre mit beliebigen Querschnitten bearbeitet werden können. Beim Wechsel von einer Querschnittsgrösse und -form zu einer anderen, muss zumindest das erste optische Element ausgetauscht werden. Zudem muss die Steuerung der Laser-Scaneinrichtung angepasst werden. Bei Lösungen mit einem weiteren ringförmigen optischen Element und/oder einem quer zur Abschnittsachse nach aussen umlenkenden optischen Element und/oder mit ringförmigen fokussierenden Elementen muss gegebenenfalls zumindest auch eines dieser Elemente ausgewechselt werden.

[0037] Die erfindungsgemässe Lösung zum Abtrennen von Rohrabschnitten vom kontinuierlich mittels einer Längsschweissnaht hergestellten Rohr kann besonders vorteilhaft für die Herstellung von Dosenmänteln eingesetzt werden, weil deren Wandstärke so klein ist, dass das Laserschneiden besonders effizient ist. Wenn das Bandmaterial mit einer Dekorfolie und/oder einer Innenfolie versehen ist, so kann die Folie beim Abtrennen der Mantelabschnitte direkt zusammen mit dem Stabilitätsgebenden Teil des Rohres bzw. des Mantelbandes abgetrennt werden. Dadurch kann auf ein separates Abtrennen von dünnen Folienstücken verzichtet werden.

[0038] Die Zeichnungen erläutern die erfindungsgemässe Lösung anhand von drei Ausführungsbeispielen. Dabei zeigt

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung des Rohres beim Aufweiten und Abtrennen von Rohrabschnitten,
- Fig. 2 eine stirnseitige Ansicht des Rohres beim Schliessen, Schweissen und Aufweiten,
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines Aufweitungselementes zum Aufweiten des Rohres,
- Fig. 4a einen schematischen Längsschnitt durch die Laser-Schneideinrichtung mit einem konkaven ersten ringförmigen optischen Element,
- Fig. 4b einen schematischen Längsschnitt durch die Laser-Schneideinrichtung mit einem konvexen ersten ringförmigen optischen Element,
- Fig. 5 einen schematischen Längsschnitt durch die Laser-Schneideinrichtung mit einem konkaven ersten ringförmigen optischen Element und mit einem dreh- und schwenkbaren nach aussen umlenkenden optischen Element, und

Fig. 6 einen schematischen Längsschnitt durch die Laser-Schneideinrichtung mit zwei ringförmigen konischen Spiegeln und einem um die Abschnittsachse drehbaren und entlang der Abschnittsachse verschiebbaren Spiegel

[0039] Die Fig. 1 bis 6 beschreiben Lösungen zum Abtrennen von Rohrabschnitten, die zum Bereitstellen von Dosenmänteln für die Dosenherstellung besonders vorteilhaft sind. Mit diesen Lösungen ist es möglich vom entstehenden Rohr kurze Rohrabschnitte in kurzen Schneidzyklen abzutrennen.

[0040] Fig. 1 bis 3 zeigt schematisch, wie ein flach gedrücktes geschlossenes Metallband 1 in einem Aufweitungsbereich 2 mit einem Aufweitungselement 3 im Innern des geschlossenen Metallbandes in ein im Querschnitt kreisförmiges Rohr 4 umgeformt wird. Vom entstehenden Rohr 4 werden Rohrabschnitte 5 abgetrennt.

[0041] Das Aufweitungselement 3 wird von Haltestangen 6 gehalten, welche in den beiden Krümmungsbereichen 7 des flachgedrückten Metallbandes 1 angeordnet sind und sich gemäss Fig. 2 vom Aufweitungselement 3 bis zu einer Halterung 8 in einem Bereich erstrecken, in dem das bandförmige Flachmaterial 9 noch nicht geschlossen ist. Es hat sich gezeigt, dass es für die weitere Bearbeitung vorteilhaft ist, wenn der Krümmungsradius der Krümmungsbereiche 7 grösser gewählt wird als in der Zeichnung dargestellt, so dass sich der mittlere flache Bereich über eine kürzere Querschnitts-Ausdehnung erstreckt als die beiden Krümmungsbereiche 7 zusammen. Es ist vorteilhaft, wenn alle im Querschnitt auftretenden Krümmungen möglichst grosse Krümmungsradien haben.

[0042] Am Flachmaterial 9 ist gegebenenfalls eine Dichtungswulst 10 angeordnet. Das Flachmaterial wird mit nicht dargestellten Rollen in die flachgedrückte geschlossene Form umgeformt und mit dem durch eine Laserzuführung 11 geführten Laserstrahl geschweisst. Anschliessend wird gegebenenfalls die Dichtungswulst 10 mittels eines Schmelzvorganges auf die Innenseite der Längsnaht gebracht. Dann gelangt das Rohr 4 in den Aufweitungsbereich 2 und erhält schliesslich den kreisförmigen Querschnitt.

[0043] In den beiden Krümmungsbereichen 7 können Zuführungsleitungen 12 angeordnet werden. In der dargestellten Ausführungsform ist beispielhaft eine Zuführleitung 12 durch eine Haltestange 6 vorgesehen. Die Zuführleitungen 12 werden beispielsweise zum Betätigen einer anhand der Fig. 5 beschriebenen Abgabevorrichtung zum Abgeben von abgetrennten Rohrabschnitten 5 eingesetzt. Gegebenenfalls wird aber auch Gas für das Laserschneiden durch eine solche Zuführleitungen 12 ins Rohrinne geführt. Für eine hydraulische oder pneumatische Betätigung der Abgabevorrichtung wird eine entsprechende Antriebseinrichtung vorgesehen.

[0044] Fig. 4a zeigt eine Ausführungsform der Laserschneid-Einrichtung mit einem ersten ringförmig geschlossenen optischen Element 14 in der Form eines Spiegels, dessen reflektierende Oberfläche in der dargestellten Schnittebene konkav geformt ist. Das erste optische Element 14 ist bei der Trennlinie 16 um den abzutrennenden Rohrabschnittes 5 angeordnet. Es versteht sich von selbst, dass auch Ausführungsformen möglich sind, bei denen die reflektierende Oberfläche konisch ausgebildet ist, wobei dann sowohl eine angepasste Strahlführung als auch eine angepasste Fokussierung gewählt werden muss. Anstelle einer reflektierenden Oberfläche könnte das erste optische Element auch als totalreflektierendes Prisma beispielsweise in der Form eines ringförmigen Pentaprismas mit in Schnittebenen, welche die Abschnittsachse umfassen, gekrümmter Ein- und Austrittsfläche. Selbst eine Kombinationen von ringförmigen Spiegeln, Prismen und Linsen wäre möglich.

[0045] In der Figur ist die Trennlinie 16 schief zur Abschnittsachse 15 dargestellt, weil es sich um eine Darstellung der Entstehung der Trennlinie am vorgeschobenen Rohr 4 handelt. Entsprechend ist auch die freie Stirnseite 4a, 4b und 4c des Rohres 4 in drei Positionen dargestellt, nämlich am Anfang 4a, in der Mitte 4b und am Ende 4c des Schneidvorganges.

[0046] Eine Laser-Scaneinrichtung 18 ist im Wesentlichen in Richtung der Abschnittsachse 15 auf das entstehende Rohr 4 ausgerichtet und kann einen Laserstrahl 17 entlang des gesamten Umfangs des ersten optischen Elements 14 auf dieses richten. Am Anfang des Schneidvorgangs liegt der Fokusbereich eines auf das Rohr 4 gerichteten Abschnitts 17a des Laserstrahls 17 bei der Startstelle 16a der Trennlinie 16. Der Laserstrahl 17 wird von der Laser-Scaneinrichtung 18 auf einen Startbereich 14a des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements 14 gerichtet. Der Startbereich 14a ist so ausgerichtet und konkav gewölbt, dass der Laserstrahl 17 nach der Umlenkung am ersten optischen Element 14 mit der gewünschten Fokussierung auf die Startstelle 16a der Trennlinie 16 trifft. Der Laserstrahl 17 wird von der Laser-Scaneinrichtung 18 um die Abschnittsachse 15 bewegt, wobei der Winkel zwischen der Abschnittsachse und der Achse des Laserstrahls 17 kontinuierlich vergrössert wird.

[0047] In der Mitte des Schneidvorgangs liegt der Fokusbereich des auf das Rohr 4 gerichteten Abschnitts 17a des Laserstrahls 17 bei der mittleren Stelle 16b der Trennlinie 16, wobei der Laserstrahl 17 an einem mittleren Bereich 14b des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements 14 umgelenkt wird. Am Ende des Schneidvorgangs liegt der Fokusbereich des auf das Rohr 4 gerichteten Abschnitts 17a des Laserstrahls 17 bei der Endstelle 16c der Trennlinie 16, wobei der Laserstrahl 17 an einem Endbereich 14c des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements 14 umgelenkt wird.

[0048] In der schematischen Darstellung ist der von der Laser-Scaneinrichtung 18 ausgehende Laserstrahl 17 als Strahl mit paralleler Strahlberandung dargestellt. Es versteht sich von selbst, dass vorzugsweise bereits der Laserstrahl 17 zumindest in seiner Ausdehnung tangential zur Trennlinie 16 etwas fokussiert sein wird, damit bei der Trennlinie 16 die gewünschte Fokussierung gegeben ist. Weil sich die Länge der Strahlabschnitte 17 und 17a entlang der Trennlinie 16 ändert, wird die Fokussierung vorzugsweise auch während des Schneidvorgangs kontinuierlich angepasst. Die in der Fig. 4 dar-

gestellte Krümmung der konkaven Spiegelfläche des ersten optischen Elementes 14 zeigt, dass die Krümmung ähnlich ist zu einer Parabel. Die stärkere Krümmung in den Bereichen, die näher beim Rohr liegen, ermöglicht bei unterschiedlich ausgerichteten Laserstrahlen 17 sowohl eine gewünschte Fokussierung als auch eine steile Ausrichtungen der auf das Rohr 4 gerichteten Abschnitte 17a.

[0049] Die fokussierende Wirkung des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes 14 und die Fokus-Ausgestaltung des auf das erste optische Element 14 gelangenden Laserstrahls gewährleisten die für das Schneiden nötige Fokussierung des Kontaktbereichs bei der Trennlinie 16. Die Trennlinie 16 liegt in der Trennebene. Zwischen der Trennebene und der Achse des auf das Rohr treffenden Strahlabschnitts 17a ist ein Winkel ausgebildet ist, der entlang der gesamten Trennlinie immer kleiner als 45° , vorzugsweise kleiner als 30° und insbesondere kleiner als 15° ist.

[0050] Weil bei der Umlenkung des Laserstrahls am ersten optischen Element 14 aufgrund des absorbierten Energieanteils Wärme entsteht, wird das erste optische Element vorzugsweise gekühlt.

[0051] Um das beim Laser-Schneiden freigesetzte Material bzw. die Schmelzteile mit einem Gasstrom aus der Schnittfuge blasen zu können, wird dem ersten optischen Element eine ringförmige Gaszuführung 19 zugeordnet. Von der Gaszuführung 19 strömt durch eine entsprechend geformte Austrittsöffnung 19a das gewünschte Schneidgas, gegebenenfalls Druckluft, zur Trennlinie 16.

[0052] Es versteht sich von selbst, dass anstelle der Veränderung des Winkels zwischen dem Laserstrahl 17 und der Abschnittsachse 15 auch das erste optische Element 14 in Richtung der Abschnittsachse 15 verschoben werden kann, um die Mitführung mit dem Rohrvorschub zu gewährleisten.

[0053] Fig. 4b zeigt eine Ausführungsform bei der das erste ringförmig geschlossenen optische Element 14 von einer konischen Spiegelfläche innerhalb des Rohres 4 gebildet wird. Im oberen Bereich der Fig. 4b ist eine Schnittebene dargestellt, welche die Abschnittsachse 15 umfasst. In dieser Schnittebene wird der Laserstrahl 17 durch die Reflektion an der konischen Spiegelfläche lediglich zur Startstelle 16a der Trennlinie 16 umgelenkt. Die Fokussierung des Laserstrahls 17 ist in dieser Schnittebene so gewählt dass der Fokus des Laserstrahls bei der Startstelle 16a liegt.

[0054] Im unteren Bereich der Fig. 4b ist die Fokussierung des Laserstrahls senkrecht zur oben erwähnten Schnittebene, bzw. tangential zur konischen Spiegelfläche, dargestellt. Weil die konische Spiegelfläche in dieser Strahlausdehnung defokussierend umlenkt, muss der zugeführte Laserstrahl 17 in dieser Strahlausdehnung stärker fokussiert sein, damit der Fokus in dieser Strahlausdehnung nach der Umlenkung ebenfalls bei der Startstelle 16a der Trennlinie 16 liegt.

[0055] Die Laser-Scaneinrichtung 18 muss daher nebst der Strahlführung entlang der ringförmigen Spiegelfläche auch eine Strahlform mit unterschiedlicher Strahlbreite und Fokussierung in den zwei Hauptrichtungen des Strahlquerschnitts bereitstellen, wobei die Hauptrichtungen beim Drehen des Strahls mitgedreht werden müssen, damit die grössere Ausdehnung beim Auftreffen des Laserstrahls 17 auf die konische Spiegelfläche zu dieser immer tangential ausgerichtet ist. Es versteht sich von selbst, dass die Spiegelfläche in der Schnittebene auch konvex oder konkav ausgebildet sein könnte, wobei dann aber die Ausbildung des Laserstrahls 17 entsprechend gewählt werden müsste.

[0056] Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform bei welcher der Laserstrahl 17 im Wesentlichen parallel zur Abschnittsachse 15 mit einem verstellbaren Abstand zur Abschnittsachse 15 auf das erste ringförmig geschlossene optische Element 14 gerichtet wird. Mit einer zur Abschnittsachse 15 parallelen Verschiebung des auf das erste optische Element 14 gerichteten Laserstrahls 17 wird eine gewünschte Bewegung des auf das entstehende Rohr treffenden Laserstrahlabschnitts 17a bewirkt, was eine einfache Mitführung mit der Bewegung des entstehenden Rohres ermöglicht. Um den Laserstrahl 17 parallel zur Abschnittsachse 15 bewegen zu können umfasst die Laser-Scaneinrichtung 18 eine Laserquelle 18a und ein quer zur Abschnittsachse nach aussen umlenkendes optisches Element 18b, welches um die Abschnittsachse 15 drehbar gelagert ist und das den Abstand des Laserstrahls 17 von der Abschnittsachse verstellen kann.

[0057] Das nach aussen umlenkende optische Element 18b wird beispielsweise als laserbrechendes Element mit zwei planparallelen Oberflächen 20 ausgebildet. Wenn nun dieses Element unter einem verstellbaren Winkel 19 von der Abschnittsachse 15 wegführt, so kann ein entlang der Abschnittsachse 15 zugeführter Laserstrahlabschnitt 17b durch eine der planparallelen Oberflächen 20 in das umlenkende optische Element 18b eintreten und von der Abschnittsachse 15 beabstandet wieder durch die andere der planparallelen Oberflächen 20 austreten. Dabei wird der austretende Laserstrahl 17 parallel zum eintretenden Laserstrahlabschnitt 17b weitergeführt. Der Abstand zwischen diesen beiden Strahlabschnitten hängt vom Abstand der beiden planparallelen Oberflächen 20 des umlenkenden optischen Elementes 18b und dem Winkel 19 zwischen der Abschnittsachse 15 und den planparallelen Oberflächen 20 ab. Es versteht sich von selbst, dass das umlenkende optische Element 18b beispielsweise auch aus zwei zusammenwirkenden Prismen mit verstellbarem Abstand gebildet werden kann, wobei dann die Verstellung des Abstands zwischen den beiden Prismen an die Stelle der Verstellung des Winkels 19 tritt.

[0058] Weil der Laserstrahl 17 immer parallel zur Abschnittsachse 15 ausgerichtet ist, wenn er auf das erste optische Element 14 trifft, kann die umlenkende Spiegelfläche kugelflächenähnlich ausgebildet werden, so dass die Fokussierungswirkung der Spiegelfläche im Querschnitt des Laserstrahls im Wesentlichen in alle Richtungen gleich ist.

[0059] Im Innern des entstehenden Rohrs 4 befindet sich eine Abgabevorrichtung 21 zum Abgeben von abgetrennten Rohrabschnitten 5. Eine solche Abgabevorrichtung 21 kann den Rohrabschnitt 5 während des Schneidvorgangs halten und nach dem vollständigen Abtrennen kann die Abgabevorrichtung mit einer Kippbewegung sicherstellen, dass der Rohrab-

schnitt ohne Kontakt zum aussen angeordneten ersten optischen Element 14 weggeführt wird. In der dargestellten Ausführungsform ist die Abgabevorrichtung 21 an einem Dorn 22 der Rohrformeinrichtung angeordnet und umfasst einen Halteteil 23, eine Schwenkverbindung 24 sowie ein Betätigungselement 25. Das Betätigungselement ist als in Richtung der Abschnittsachse 15 bewegbarer Kolben ausgebildet, der an einer Führung 26 des Halteteils 23 so befestigt ist, dass zusammen mit der Schwenkverbindung die gewünschte Kippbewegung des Halteteils 23 erzielbar ist.

[0060] Um den Rohrabschnitt 5 mit einer Kraft in der Richtung des Rohrvorschubs beaufschlagen zu können, ist eine flexible Druckluftzuführung 27 und im Halteteil 23 eine ringförmige Austrittsdüse 28 ausgebildet. Die durch die Austrittsdüse 28 austretende Luft beaufschlagt den Rohrabschnitt 5 mit einer Kraft in Vorschubrichtung, was gegen das Ende der Ausbildung der Schneidlinie und beim Abgeben des Rohrabschnittes 5 vorteilhaft eingesetzt werden kann. Um das Abgeben in einer kontrollierten Weise durchzuführen, wird der Halteteil 23 mit dem freien Ende nach unten gekippt. Damit das entstehende Rohr 4 auch am gekippten Halteteil 23 nirgends ansteht, ist im Halteteil 23 eine Ausnehmung 23a vorgesehen.

[0061] Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform bei der das erste optische Element 14 eine konische Spiegelfläche 29 umfasst. Weil nun die Umlenkung am ersten optischen Element 14 in Ebenen mit der Abschnittsachse 15 nicht fokussierend wirkt, wird ein Laserstrahl verwendet, der in diesen Ebenen bereits fokussiert ist, was durch die zusammenlaufenden seitlichen Strahlberandungen dargestellt ist. Mit einem schematisch dargestellten Linsenelement 30 kann in den Ebenen mit der Abschnittsachse 15 eine zusätzliche Fokussierung erzielt werden, die vorzugsweise entsprechend der Fokussierung tangential zur Trennlinie gewählt wird. Wenn nun also die Fokussierung aufgrund der radial nach innen umlenkenden konischen Spiegelfläche 29 und des Linsenelements 30 im Wesentlichen gleich ist, kann ein rotationssymmetrischer Laserstrahl 17 in einen rotationssymmetrischen Laserstrahlabschnitt 17a umgelenkt werden.

[0062] Der parallel zur Abschnittsachse 15 ausgerichtete Laserstrahl 17 kommt von einem weiteren ringförmig geschlossenen optischen Element 31, das vorzugsweise eine konische Spiegelfläche 32 umfasst. Wenn die Öffnungswinkel der beiden Spiegelflächen 29 und 32 zur Abschnittsachse 15 im Wesentlichen 45° betragen und die Spiegelflächen 29 und 32 gegeneinander ausgerichtet sind, so kann mit einem in Richtung der Abschnittsachse 15 verschiebbaren radial auf das weitere optische Element 31 gerichteten Strahlabschnitt 17c eine axiale Verschiebung des radial auf das Rohr treffenden Laserstrahlabschnitts 17a erzielt werden. Anstelle von konischen Spiegelflächen 29 und 32 können gegebenenfalls total-reflektierende ringförmig geschlossene Prismen beispielsweise in der Form eines ringförmigen Pentaprismas eingesetzt werden, wobei die Ein- und die Austrittsfläche in Schnittebenen mit der Abschnittsachse 15 unter einem Winkel von 90° zueinander ausgerichtet wären.

[0063] Um den radial nach aussen führenden um die Abschnittsachse rotierenden Laserstrahlabschnitt 17c zu erzeugen, umfasst die Laser-Scaneinrichtung 18 ein ebenes oder gegebenenfalls konkaves um die Abschnittsachse 15 rotierendes radial nach aussen umlenkendes optisches Element 33. Dieses rotierende radial nach aussen umlenkende optische Element 33 kann mit einem Spiegel oder gegebenenfalls mit mindestens einem Prisma, beispielsweise einem Pentaprisma, ausgebildet werden. Von der Laserquelle 18a erstreckt sich ein zugeführter Laserstrahlabschnitt 17b entlang der Abschnittsachse 15 zum radial umlenkenden optischen Element 33.

[0064] Um das radial umlenkende optische Element 33 um die Abschnittsachse 15 drehbar zu lagern und in Richtung der Abschnittsachse 15 verschieben zu können umfasst die Laser-Scaneinrichtung sowohl eine Vorschubvorrichtung 34 mit einer Führung 35 und einem Antrieb 36. Beim Schneiden muss der Vorschub der Vorschubvorrichtung 34 genau auf den Vorschub des Rohres 4 abgestimmt sein. Eine Drehvorrichtung 37 mit Lagerung und Antrieb ist zwischen dem verschiebbaren Teil 38 und dem radial umlenkenden optischen Element 33 eingesetzt. In der dargestellten Ausführungsform umfasst das radial umlenkende optische Element 33 einen Spiegel 33a und eine Spiegelhalterung 33b, die mit dem drehenden Teil der Drehvorrichtung 37 verbunden ist.

[0065] Der zugeführte Laserstrahl 17b wird genau während einer Umdrehung des kontinuierlich drehenden Spiegels 33a auf diesen gestrahlt. Am Anfang dieser Umdrehung ist der Spiegel 33a in der Position A und der Laserstrahl wird über die Umlenkbereiche 31a und 14a der beiden ringförmigen optischen Elemente 31 und 14 zur Startstelle 16a auf der Trennlinie 16 geführt. In der Mitte des Schneidvorgangs ist der Spiegel 33a in der Position B und der Laserstrahl wird über die Umlenkbereiche 31b und 14b der beiden ringförmigen optischen Elemente 31 und 14 zur mittleren Stelle 16b auf der Trennlinie 16 geführt. Am Ende des Schneidvorgangs ist der Spiegel 33a in der Position C und der Laserstrahl wird über die Umlenkbereiche 31c und 14c der beiden ringförmigen optischen Elemente 31 und 14 zur Endstelle 16c auf der Trennlinie 16 geführt.

[0066] Die Umlenkung des radial nach aussen führenden Laserstrahls 17c am weiteren ringförmigen optischen Element 31 in der Ausdehnung des Strahls tangential zum Umfang des weiteren ringförmigen optischen Elements 31 erfolgt nur dann im Wesentlichen parallel oder nur wenig defokussiert, wenn der radiale Strahlabschnitt die Form eines von der Abschnittsachse ausgehenden aufgeweiteten Strahls hat. Entsprechend muss der Strahl auf einem ebenen Spiegel 33a senkrecht zur dargestellten Schnittebene eine schmale Form haben, die mit zunehmendem Abstand von der Abschnittsachse 15 breiter wird. Um eine entsprechende Strahlform auf den Spiegel 33a zu bringen, wird ein strahlformendes optisches Element 39, beispielsweise eine spezielle Linsenanordnung, zusammen mit dem Spiegel 33a am drehenden Teil der Drehvorrichtung 37 befestigt. Weil die beiden ringförmigen optischen Elemente 14 und 31 symmetrisch aufgebaut sind, ist es am einfachsten, wenn die tangentiale Strahl-Fokussierung im Bereich des Spiegels 33a der gewünschten Fokussierung im Bereich der Trennlinie entspricht. Die gewünschte Ausgestaltung des radialen Strahlabschnitt kann ge-

gegebenenfalls auch dadurch erzielt werden, dass der Spiegel 33 nicht eben sondern mit einem konkaven und konvexen Bereich ausgebildet wird, über der Abschnittsachse konvex und darunter konkav.

[0067] Es versteht sich von selbst, dass Elemente, die anhand einer Ausführungsform beschrieben sind, auch in einer andern Ausführungsform vorteilhaft einsetzbar sind. Beispielsweise ist die anhand der Fig. 5 beschriebene Abgabevorrichtung in jeder Ausführungsform vorteilhaft einsetzbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Rohrabschnitten (5), bei welchem Verfahren bandförmiges Flachmaterial (9) mit einer Vorschubgeschwindigkeit kontinuierlich vorgeschoben, quer zur Bandachse in eine geschlossene Form umgeformt und mit dem Schweißen einer Längsnaht zu einem entstehenden Rohr (4) gebildet wird, von dem am freien Rohrende Rohrabschnitte (5) abgetrennt werden, wobei sich ein abzutrennender Rohrabschnitt (5) über eine Abschnittslänge entlang einer Abschnittsachse (15) erstreckt, beim Abtrennen eine geschlossene Trennlinie (16) um die Abschnittsachse (15) entlang des Rohrumfanges ausgebildet wird und die Trennlinie (16) in einer mit dem entstehenden Rohr (5) kontinuierlich vorgeschobenen Trennebene liegt, die um eine Abschnittslänge vom freien Rohrende beabstandet ist, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abtrennen eines Rohrabschnittes (5) ein von einer Laser-Scaneinrichtung (18) erzeugter Laserstrahl (17) zumindest einmal entlang des gesamten Umfangs eines ersten um die Abschnittsachse (15) ringförmig geschlossenen optischen Elements (14) geführt wird und der Laserstrahl (17) entlang des gesamten Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes immer quer zur Abschnittsachse (15) auf die Trennlinie (16) gerichtet wird, so dass ein im Wesentlichen fokussierter Kontaktbereich des Laserstrahls (17a) beim entstehenden Rohr (4) vollständig entlang der geschlossenen Trennlinie (16) geführt wird und dabei der Rohrabschnitt (5) vom entstehenden Rohr (4) abgetrennt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein abzutrennender Rohrabschnitt (5) einen um die Abschnittsachse (15) verlaufenden kreisförmigen Querschnitt aufweist, das erste ringförmig geschlossene optische Element (14) kreisförmig um die Abschnittsachse (15) verläuft, sowie eine in Längsebenen durch die Abschnittsachse (15) zur Abschnittsachse (15) geneigt verlaufende, insbesondere konische oder konkave, Oberfläche aufweist und die Laser-Scaneinrichtung (18) im Wesentlichen in Richtung der Abschnittsachse (15) auf das entstehende Rohr (4) ausgerichtet ist, wobei die fokussierende Wirkung des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes (14) und die Fokus-Ausgestaltung des auf das erste optische Element (14) gelangenden Laserstrahls (17) die für das Schneiden nötige Fokussierung des Kontaktbereichs gewährleisten und zwischen der Trennebene und der Achse des auf das Rohr (4) treffenden Strahlabschnitts (17a) ein Winkel ausgebildet ist, der kleiner als 45° , vorzugsweise kleiner als 30° und insbesondere kleiner als 15° ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Laser-Scaneinrichtung (18) ortsfest angeordnet ist und beim Abtrennen die Ausrichtung des Laserstrahls (17) auf die kontinuierlich vorgeschobene Trennlinie (16) dadurch erzielt wird, dass die Lage des Laserstrahls (17) auf dessen Abschnitt direkt vor dem ersten ringförmig geschlossenen optischen Element (14) relativ zur Abschnittsachse (15) während der Bewegung des Laserstrahls (17) entlang des Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements (14) geändert wird, wobei die Lage des Laserstrahls (17) auf die von der radialen Auftreffposition des Laserstrahls auf dem ersten ringförmig geschlossenen optischen Element (14) abhängige Umlenkeneigenschaft des ersten optischen Elements (14), die Lage der Auftreffposition entlang des Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements (14) und die Vorschubgeschwindigkeit des entstehenden Rohres (4) abgestimmt ist, sowie die Fokussierung auf die vom Laserstrahl getroffene Stelle der Trennlinie fortlaufend gewährleistet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste ringförmig geschlossene optische Element (14) um das entstehende Rohr (4) angeordnet ist und der Laserstrahl (17) vom Äußeren des entstehenden Rohres (4) her auf die Trennlinie (16) gerichtet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste ringförmig geschlossene optische Element (14) innerhalb des entstehenden Rohres (4) angeordnet ist und der Laserstrahl (17) vom Innern des entstehenden Rohres (4) her auf die Trennlinie (16) gerichtet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Laser-Scaneinrichtung (18) ein quer zur Abschnittsachse (15) nach aussen umlenkendes optisches Element (18b) umfasst, welches um die Abschnittsachse (15) drehbar gelagert ist und von dem der Laserstrahl (17) in einen verstellbaren Abstand zur Abschnittsachse (15) im Wesentlichen parallel zur Abschnittsachse (15) auf das erste ringförmig geschlossene optische Element (14) gerichtet wird, und mit einer zur Abschnittsachse (15) parallelen Verschiebung des auf das erste optische Element (14) gerichteten Laserstrahl-Abschnitts (17) eine gewünschte Bewegung des auf das entstehende Rohr (4) treffenden Laserstrahls (17a) bewirkt wird, was eine einfache Mitführung des das Rohr (4) treffenden Laserstrahls (17a) mit der Bewegung des entstehenden Rohres (4) ermöglicht.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiteres ringförmig geschlossenes optisches Element (31) eingesetzt ist und ein von der Laser-Scaneinrichtung (18) erzeugter Laserstrahl zumindest einmal entlang des gesamten Umfangs des ersten und des weiteren ringförmig geschlossenen optischen Elements

(14, 31) geführt wird, wobei der Laserstrahl über das weitere ringförmig geschlossene optische Element (31) zum ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements (14) geführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Laser-Scaneinrichtung (18) ein relativ zur Abschnittsachse (15) radial nach aussen umlenkendes optisches Element (33) umfasst, der Laserstrahl (17c) von diesem radial nach aussen umlenkenden optischen Element (33) auf das weitere ringförmig geschlossene optische Element (31) umgeleitet wird und von diesem auf das erste ringförmig geschlossene optische Element (14) gerichtet wird, wobei das erste und das weitere ringförmig geschlossene optische Element (14, 31) vorzugsweise je als konische Spiegel mit Öffnungswinkeln von 45° ausgebildet sind, so dass ein radial nach aussen auf das weitere optische Element (31) treffender Laserstrahl (17c) beim ersten optischen Element (14) radial nach innen auf das entstehende Rohr (4) gerichtet ist und mit einer Verschiebung des radial nach aussen gerichteten Laserstrahls (17c) in Richtung der Abschnittsachse (15) eine gewünschte Bewegung des radial auf das entstehende Rohr (4) treffenden Laserstrahls (17a) bewirkt wird, was eine einfache Mitführung des das Rohr (4) treffenden Laserstrahls (17a) mit der Bewegung des entstehenden Rohres (4) ermöglicht.
9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Laser-Scaneinrichtung (18) ortsfest angeordnet ist und beim Abtrennen die Ausrichtung des Laserstrahls (17) auf die kontinuierlich vorgeschobene Trennlinie (16) dadurch erzielt wird, dass das erste ringförmig geschlossene optische Element (14) beim Trennen mit dem entstehenden Rohr (4) mitbewegt wird.
10. Vorrichtung zum Herstellen von Rohrabschnitten (5) mit Einrichtungen zum kontinuierlich Verschieben bandförmigen Flachmaterials (9), zum Umformen des bandförmigen Flachmaterials (9) quer zur Bandachse in eine geschlossene Form, zum Schweißen einer Längsnaht an einem entstehenden Rohr (4) und zum Abtrennen von Rohrabschnitten (5) am freien Rohrende, wobei sich ein abzutrennender Rohrabschnitt (5) über eine Abschnittslänge entlang einer Abschnittsachse (15) erstreckt, beim Abtrennen eine geschlossene Trennlinie (16) um die Abschnittsachse (15) entlang des Rohrumfanges ausgebildet wird und die Trennlinie (16) in einer mit dem entstehenden Rohr (5) kontinuierlich vorgeschobenen Trennebene liegt, die um eine Abschnittslänge vom freien Rohrende beabstandet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum Abtrennen eines Rohrabschnittes (5) eine Laser-Scaneinrichtung (18) und ein erstes um die Abschnittsachse (15) ringförmig geschlossenes optisches Element (14) umfasst, wobei die Laser-Scaneinrichtung (18) einen Laserstrahl (17) zumindest einmal entlang des gesamten Umfangs des ersten optischen Elements (14) führbar macht und das erste optische Element (14) so ausgebildet ist, dass der Laserstrahl (17) entlang des gesamten Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes (14) immer quer zur Abschnittsachse (15) auf die Trennlinie (16) gerichtet wird, so dass ein im Wesentlichen fokussierter Kontaktbereich des Laserstrahls (17a) beim entstehenden Rohr (4) vollständig entlang der geschlossenen Trennlinie (16) geführt wird und dabei der Rohrabschnitt (5) vom entstehenden Rohr (4) abgetrennt wird.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das erste ringförmig geschlossene optische Element (14) kreisförmig um die Abschnittsachse (15) verläuft, sowie eine in Längsebenen durch die Abschnittsachse (15) zur Abschnittsachse (15) geneigt verlaufende, insbesondere konische oder konkave, Oberfläche aufweist und die Laser-Scaneinrichtung (18) im Wesentlichen in Richtung der Abschnittsachse (15) auf das entstehende Rohr (4) ausgerichtet ist, wobei die fokussierende Wirkung des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes (14) und die Laser-Scaneinrichtung (18) eine Fokus-Ausgestaltung des auf das erste optische Element (14) gelangenden Laserstrahls (17) gewährleistet, welche die für das Schneiden nötige Fokussierung des Kontaktbereichs erzielt und zwischen der Trennebene und der Achse des auf das Rohr (4) treffenden Strahlabschnitts (17a) ein Winkel ausgebildet ist, der kleiner als 45° , vorzugsweise kleiner als 30° und insbesondere kleiner als 15° ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Laser-Scaneinrichtung (18) ortsfest angeordnet ist und beim Abtrennen die Ausrichtung des Laserstrahls (17) auf die kontinuierlich vorgeschobene Trennlinie (16) dadurch erzielt, dass die Lage des Laserstrahls (17) auf dessen Abschnitt direkt vor dem ersten ringförmig geschlossenen optischen Element (14) relativ zur Abschnittsachse (15) während der Bewegung des Laserstrahls (17) entlang des Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes (14) geändert wird, wobei die Lage des Laserstrahls (17) auf die von der radialen Auftreffposition des Laserstrahls auf dem ersten ringförmig geschlossenen optischen Element (14) abhängige Umlenkeigenschaft des ersten optischen Elements (14), die Lage der Auftreffposition entlang des Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elements (14) und die Vorschubgeschwindigkeit des entstehenden Rohres (4) abgestimmt ist, sowie die Fokussierung auf die vom Laserstrahl getroffene Stelle der Trennlinie fortlaufend gewährleistet wird.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das erste ringförmig geschlossene optische Element (14) um das entstehende Rohr (4) angeordnet ist und der Laserstrahl (17) vom Äusseren des entstehenden Rohres (4) her auf die Trennlinie (16) gerichtet wird.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das erste ringförmig geschlossene optische Element (14) innerhalb des entstehenden Rohrs (4) angeordnet ist und der Laserstrahl (17) vom Innern des entstehenden Rohres (4) her auf die Trennlinie (16) gerichtet wird.
15. Rohrabschnitt mit einer Längsnaht, wobei der Rohrabschnitt von einem kontinuierlich entstehenden Rohr abgetrennt ist, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Herstellung des Rohrabschnittes bandförmiges Flachmaterial (9) mit einer

Vorschubgeschwindigkeit kontinuierlich vorgeschoben, quer zur Bandachse in eine geschlossene Form umgeformt und mit dem Schweissen einer Längsnaht zu einem entstehenden Rohr (4) gebildet wird, von dem am freien Rohrende Rohrabschnitte (5) abgetrennt werden, wobei sich ein abzutrennender Rohrabschnitt (5) über eine Abschnittslänge entlang einer Abschnittsachse (15) erstreckt, beim Abtrennen eine geschlossene Trennlinie (16) um die Abschnittsachse (15) entlang des Rohrumfanges ausgebildet wird und die Trennlinie (16) in einer mit dem entstehenden Rohr (5) kontinuierlich vorgeschobenen Trennebene liegt, die um eine Abschnittslänge vom freien Rohrende beabstandet ist, zum Abtrennen eines Rohrabschnittes (5) ein von einer Laser-Scaneinrichtung (18) erzeugter Laserstrahl (17) zumindest einmal entlang des gesamten Umfangs eines ersten um die Abschnittsachse (15) ringförmig geschlossenen optischen Elements (14) geführt wird und der Laserstrahl (17) entlang des gesamten Umfangs des ersten ringförmig geschlossenen optischen Elementes immer quer zur Abschnittsachse (15) auf die Trennlinie (16) gerichtet wird, so dass ein im Wesentlichen fokussierter Kontaktbereich des Laserstrahls (17a) beim entstehenden Rohr (4) vollständig entlang der geschlossenen Trennlinie (16) geführt wird und dabei der Rohrabschnitt (5) vom entstehenden Rohr (4) abgetrennt wird.

Fig. 1

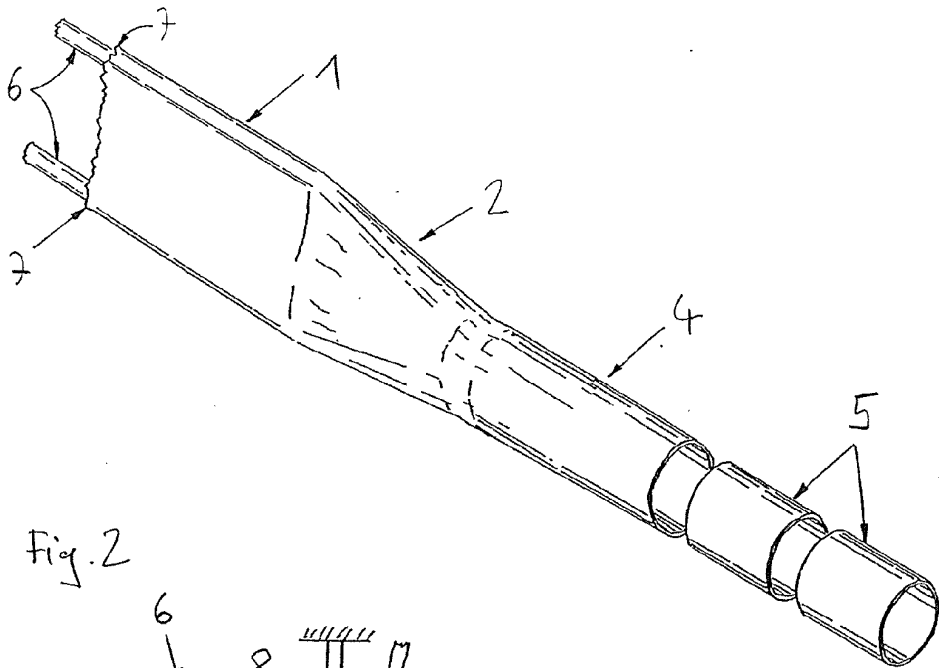


Fig. 2

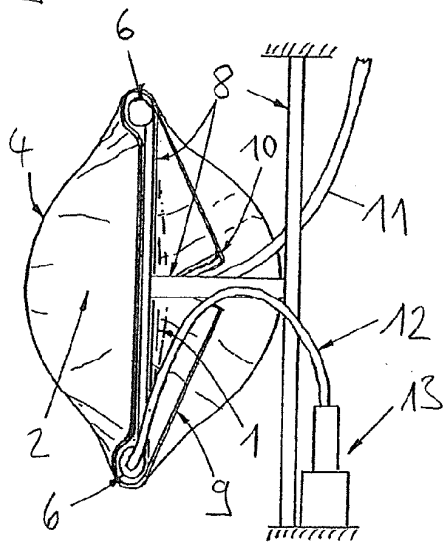


Fig. 3

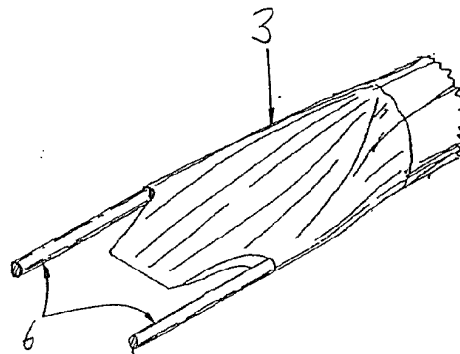


Fig. 4a

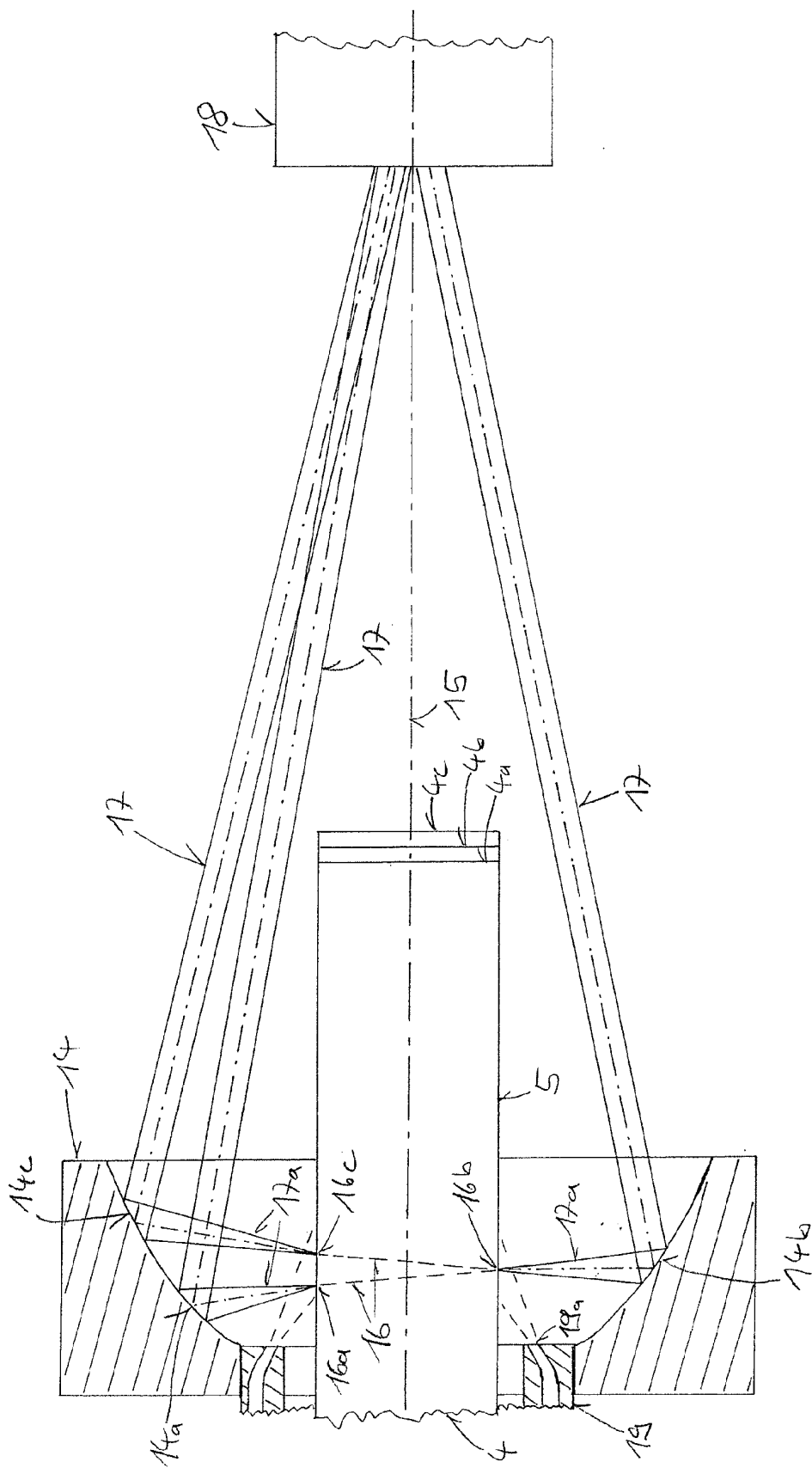
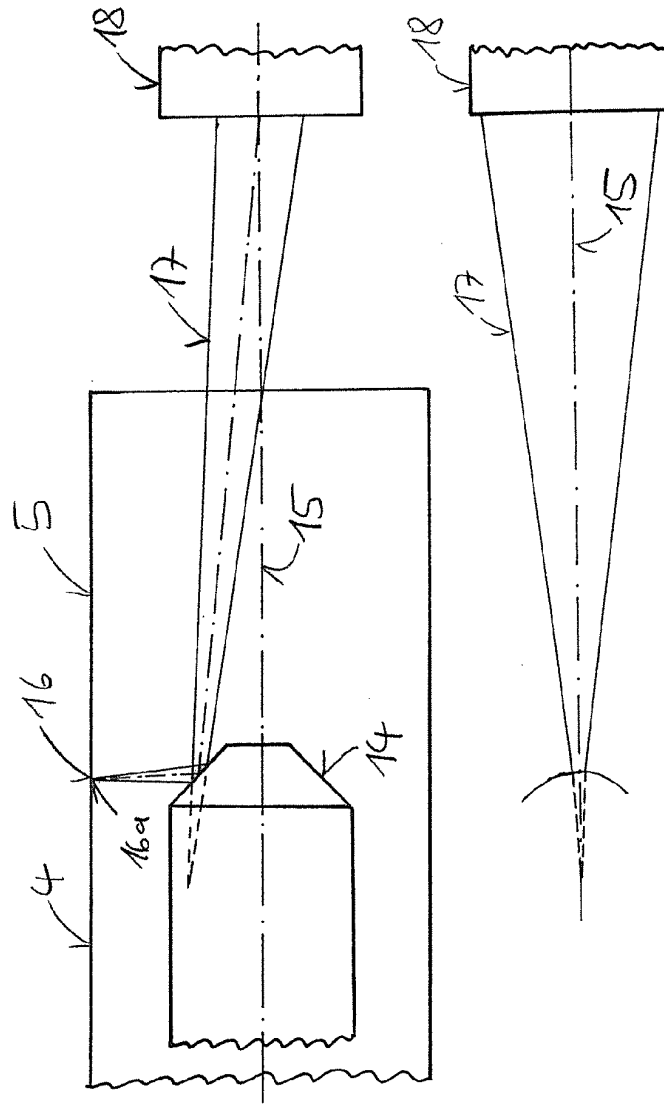


Fig. 4b



Ln
57
14

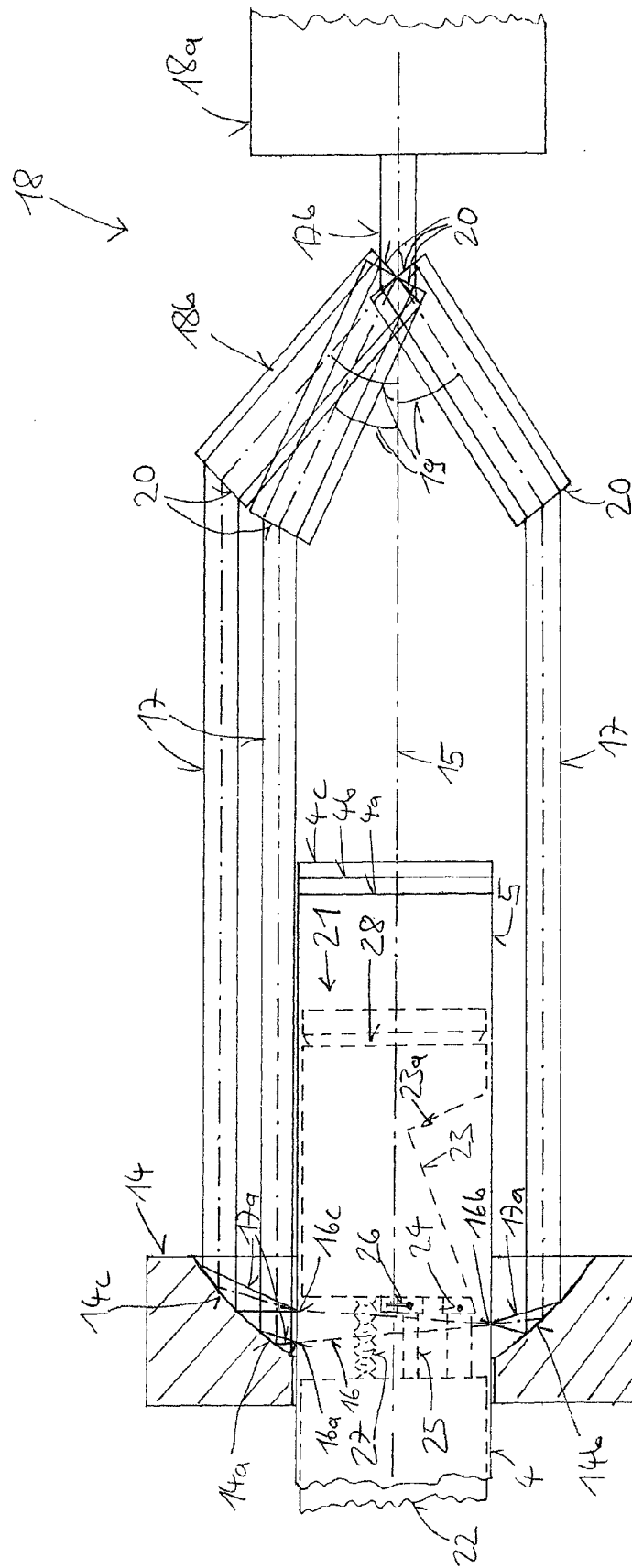


Fig. 6

