



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2009 009 108 B3 2010.06.17

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2009 009 108.4

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B23P 11/02 (2006.01)**

(22) Anmelddatum: 16.02.2009

**B23P 19/04 (2006.01)**

(43) Offenlegungstag: –

**A61L 2/08 (2006.01)**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17.06.2010

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

(73) Patentinhaber:

**Bayer Technology Services GmbH, 51373  
Leverkusen, DE**

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

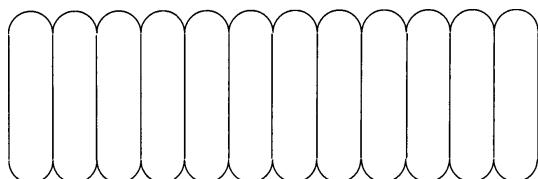
DE	298 24 837	U1
WO	2005/0 03 612	A1
DE	10 2007 047495	A1
US	28 22 857	A
WO	02/38 502	A1
WO	02/38 191	A2
WO	07/0 96 057	A2
EP	14 64 342	A1

(72) Erfinder:

**Poggel, Martin, Dr., 50668 Köln, DE; Kauling,  
Joerg, 51069 Köln, DE; Schmidt, Sebastian, Dr.,  
42781 Haan, DE; Beckers, Erhard, 51399  
Burscheid, DE**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Verbinden eines flexiblen profilierten Hohlzylinders mit einem zylinderförmigen Körper, sowie danach hergestellte Bestrahlungsmodule**

(57) Zusammenfassung: Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Verbinden flexibler, profiliert Hohlzylinder mit zylinderförmigen Körpern. Profilierte Hohlzylinder, die mit einem zylinderförmigen Körper verbunden sind, bilden Module, die zur Bestrahlung von fluiden Medien mit elektromagnetischer Strahlung geeignet sind. Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind daher auch ein Verfahren zur Herstellung von Bestrahlungsmodulen sowie mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte Bestrahlungsmodule.



## Beschreibung

**[0001]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Verbinden flexibler, profiliert Hohlzylinder mit zylinderförmigen Körpern. Profilierte Hohlzylinder, die mit einem zylinderförmigen Körper verbunden sind, bilden Module, die zur Bestrahlung von fluiden Medien mit elektromagnetischer Strahlung geeignet sind. Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind daher auch ein Verfahren zur Herstellung von Bestrahlungsmodulen sowie mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte Bestrahlungsmodule.

**[0002]** Ein Zylinder ist ein Körper, der von zwei parallelen, ebenen Flächen (Grund- und Deckfläche) und einer Mantelfläche, die von parallelen Geraden gebildet wird, begrenzt wird.

**[0003]** Er entsteht durch Verschiebung einer ebenen Fläche oder Kurve entlang einer Geraden, die nicht in dieser Ebene liegt. Eine spezielle Ausführungform eines Zylinders ist ein Kreiszylinder. Er entsteht durch Verschiebung eines Kreises parallel zu einer Geraden durch den Kreismittelpunkt, wobei die Gerade nicht in der Kreisebene liegt. Ein Kreiszylinder wird begrenzt von zwei parallelen Kreisflächen (Grundfläche und Deckfläche) und der so genannten Mantelfläche.

**[0004]** Unter einem Hohlzylinder wird hier und im Folgenden eine spezielle Ausführungsform eines Zylinders verstanden, die dadurch gekennzeichnet ist, dass von der Grundfläche ein Kanal parallel zur Mantelfläche bis zur Deckfläche verläuft. Ein Rohr ist ein Beispiel eines Hohlzylinders.

**[0005]** Unter einem flexiblen Hohlzylinder wird ein Hohlzylinder verstanden, der zu einem gewissen Grad gebogen und/oder gestreckt werden kann. Der Grad der Streckung und/oder Biegung beträgt dabei mindestens 1% der Länge und/oder des Durchmessers des Hohlzylinders. Ein Beispiel eines flexiblen Hohlzylinders ist ein Schlauch.

**[0006]** Unter einem profilierten Hohlzylinder wird ein Hohlzylinder verstanden, der entlang seiner Mantelfläche ein Profil aufweist. Dieses Profil kann z. B. wellenförmig oder wendelförmig sein. Beispiele für profilierte Hohlzylinder sind Wellschlüche und -rohre sowie Wendeschläuche und -rohre.

**[0007]** Ein flexibler profiliert Hohlzylinder ist dadurch gekennzeichnet, dass er zu einem gewissen Grad (mindestens 1% der Länge und/oder des Durchmessers des Hohlzylinders, bevorzugt 5 bis 20%) entlang seiner Längsachse gestreckt werden kann.

**[0008]** Flexible, profilierte Hohlzylinder spielen in

vielen Bereichen der Technik eine große Rolle. In der Automobilindustrie, dem Maschinen- und Anlagenbau sowie der Medizintechnik werden Wellschlüche zum Schutz und zur Bündelung elektrischer oder anderer Leitungen und auch zur Ausführung flexibler Verbindung zu peripheren Geräten benutzt. Bei der Elektroinstallation werden Plaste-Wellschlüche vorwiegend als bzw. anstelle so genannter Leerohre sowohl im Außenbereich, vor allem aber innerhalb von Gebäude-Wänden und -decken, eingesetzt. Wellrohre werden als Wärmeübertrager (z. B. aus Edelstahl in Pufferspeichern oder aus Kunststoff für Fußbodenheizungen) eingesetzt. Die gewellte Struktur dient dabei zur Vergrößerung der Oberfläche für einen möglichst guten Wärmetransport. Wellrohr-Stücke (Metallbälge) werden zum Ausgleich von Achsversätzen oder zur Kompensation von Längen- und Winkeänderungen eingesetzt.

**[0009]** In den Anmeldungen WO02/38502A1, WO02/38191A1, WO07/096057A2 und EP1464342A1 wird die Verwendung von Wendeschläuchen in Vorrichtungen zur Bestrahlung von flüssigen Medien zum Zwecke der Sterilisation beschrieben.

**[0010]** In vielen der oben genannten Anwendungen und Verwendungen, insbesondere in der Verwendung profiliert Hohlzylinder in Bestrahlungsvorrichtungen werden die profilierten Hohlzylinder mit einem zylinderförmigen Körper verbunden. In WO07/096057A2 ist beispielsweise ein so genanntes Bestrahlungsmodul beschrieben, das dadurch gekennzeichnet ist, dass über ein inneres Stützrohr ein Wendeschlauch formschlüssig aufgebracht ist. Dadurch entsteht zwischen dem Stützrohr und dem Wendeschlauch ein Kanal, der helikal von einem Ende des Wendeschlauches um das Stützrohr zum anderen Ende des Wendeschlauches verläuft. Eine solche Vorrichtung ist sehr gut zur Bestrahlung von fluiden Medien, die den Kanal durchströmen, geeignet. Hierzu wird/werden in das Stützrohr und/oder um den Wendeschlauch eine oder mehrere Strahlungsquellen angeordnet, welche das in dem Kanal strömende Medium bevorzugt mit UV-Strahlung, besonders bevorzugt mit UV-C-Strahlung bestrahlen. Die Bestrahlung führt zur Reduktion von Mikroorganismen und/oder Viren oder zur chemischen Umsetzung in einem photochemischen Reaktor.

**[0011]** Das besondere Kennzeichen des durchströmten Kanals ist eine intensive, über die gesamte Länge herrschende gleichförmige Quervermischung senkrecht zur Hauptrichtung der Produktströmung sowie eine durch turbulente Produktströmung eingengte Verweilzeitverteilung. Durch die Quervermischung wird gewährleistet, dass die von der Strahlenquelle entfernten Fluidschichten, die besonders bei stark lichtabsorbierenden Medien keine oder wenig UV-Strahlung erhalten, einen intensiven Austausch

mit den UV-bestrahlten Schichten nahe der Strahlenquelle eingehen. Dies und die enge Verweilzeitverteilung führt dazu, dass alle Fluidelemente eine gleichmäßige und einheitliche Bestrahlungsdauer und -intensität erfahren, die sich durch die Strömungsgeschwindigkeit und die Intensität der Strahlungsquelle auf die jeweiligen Bedürfnisse anpassen lassen.

**[0012]** So kann gewährleistet werden, dass eine effektive Reduktion an Mikroorganismen und/oder Viren in dem Medium erfolgt. Bei Medien, bei denen eine zu starke Bestrahlung zu Schäden führen kann, wird die Gefahr, dass es durch eine ungünstig breite Verweilzeitverteilung zu einer zu starken Strahlenbelastung und damit teilweisen Schädigung kommt, wirksam vermindert.

**[0013]** Dafür ist es jedoch erforderlich, dass der Wendelschlauch das Stützrohr formschlüssig umschließt und so nur ein einziger Kanal gebildet wird, der helikal um das Stützrohr verläuft. Querströmungen zwischen benachbarten Kanalwindungen sind zu vermeiden, da diese zu einer Verbreiterung der Verweilzeitverteilung führen würden.

**[0014]** Die Herstellung des Kanals erfolgt in EP1464342A1 durch Aufziehen eines gewendelten Schlauches auf einen zylindrischen Stützkörper. Durch eine geeignete Geometrie des gegenüber dem Stützkörper im Innendurchmesser geringfügig verminderten Wendelschlauches wird eine straffe, kraftschlüssige Verbindung zwischen beiden Elementen hergestellt. Hierdurch lassen sich die sonst durch Spalte zwischen den Kanalwindungen verursachten axialen Kurzschlussströmungen und die damit einhergehende Verbreiterung der Verweilzeitverteilung verhindern.

**[0015]** Das Aufbringen eines flexiblen, profilierten Hohlzylinders auf einen zylinderförmigen Körper stellt jedoch ein technisches Problem dar, insbesondere wenn der kleinste Innendurchmesser des profilierten Hohlzylinders kleiner als oder genauso groß wie der Außendurchmesser des zylinderförmigen Körpers ist. Ein profiliertes Hohlzylinder weist aufgrund seiner Profilierung der Mantelfläche eine Reihe von Engstellen (hier auch als Windungen bezeichnet) auf, die beim Verbinden mit einem zylinderförmigen Körper überwunden werden müssen. Das Verbinden erfolgt in der Regel derart, dass der zylinderförmige Körper in den Kanal des profilierten Hohlzylinders eingeschoben und/oder der profilierte Hohlzylinder auf den zylinderförmigen Körper aufgezogen wird. Dabei erhöht sich bei jeder Windung des Hohlzylinders die Reibung zwischen Hohlzylinder und zylinderförmigem Körper, so dass die Kraft, die auf den Hohlzylinder und/oder auf den Körper ausgeübt werden muss, mit der Länge des Hohlzylinders wächst.

**[0016]** Je nach verwendeten Materialien von Hohl-

zylinder und zylinderförmigem Körper können bei diesen Abnutzungen, Risse, Kratzer oder sogar ein Zerbrechen der Komponenten auftreten.

**[0017]** Ferner führt das in EP1464342A1 zur Herstellung einer Bestrahlungsvorrichtung beschriebene „Aufziehen“ eines gewendelten Schlauches auf einen zylindrischen Stützkörper zu nicht definierten Kanalgeometrien. Durch das Aufziehen werden Spannungen im Wendelschlauch erzeugt, die gegebenenfalls nicht wieder aufgehoben werden können. Einzelne Windungen können gequetscht sein. Engstellen in einzelnen Kanalwindungen führen zu Druckverlusten. Durch die Spannungen lassen sich Spalte zwischen benachbarten Kanalwindungen kaum verhindern. Das Ergebnis ist eine nicht gut definierte und nicht reproduzierbare Bestrahlungsvorrichtung. Zusätzlich kann es durch zu starke Reibung auch zu Partikelabrieb kommen. Diese Partikel sind für diverse Anwendungen kritisch, wie beispielsweise im pharmazeutischen Umfeld.

**[0018]** Es besteht somit Bedarf nach einer Methode zum Verbinden von flexiblen, profilierten Hohlzylindern mit zylinderförmigen Körpern, die einfach auszuführen ist und die mechanische Belastung der Komponenten derart niedrig hält, dass eine Abnutzung und/oder gar Zerstörung der Komponenten ausgeschlossen werden kann.

**[0019]** Die Gebrauchsmusterschrift DE29824837U1 offenbart ein Mehrschicht-Kunststoffrohr, das als Trinkwasser-, Brauchwasser- oder Heizungsrohr einsetzbar ist. Das Mehrschicht-Kunststoffrohr ist versehen mit einem Basisrohr, einer das Basisrohr umgebenden Sperrschicht und einer auf die Sperrschicht aufgebrachten Schutzschicht zum Schutz der Sperrschicht vor Beschädigungen. Dem Material für die Schutzschicht ist ein Gleitmittel beigemengt. Aufgrund des Zusatzes von Gleitmittel zum Material der Schutzschicht werden dem Mehrschicht-Kunststoffrohr Gleiteigenschaften verliehen, die das Einführen des Mehrschicht-Kunststoffrohres in ein Leerrohr vereinfachen.

**[0020]** Die Verwendung eines Gleitmittels ist jedoch bei der Herstellung der oben beschriebenen Bestrahlungsmodule nicht erwünscht, da das Gleitmittel zu einer Verunreinigung des zu bestrahlenden Mediums führen könnte. Ferner ist durch das Gleitmittel eine feste Verbindung zwischen profiliertem Hohlzylinder und zylinderförmigem Körper nicht mehr gegeben – es droht die Gefahr des Abrutschens.

**[0021]** Die Veröffentlichung WO2005/003612A1 offenbart eine Anschlussverbindung für ringgewellte Schlauchleitungen mit einem hohlzylindrischen Anschlusselement. Diese Anschlussverbindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Schlauchleitungsende in seinem endständigen Bereich in Radialrich-

tung aufgeweitet ist, das Anschluselement in den aufgeweiteten Bereich der Schlauchleitung eingesetzt ist und im Überlappungsbereich die Schlauchleitung zumindest partiell am Anschluselement durch eine stoffschlüssige Verbindung festgelegt ist.

**[0022]** Die technische Lehre der WO2005/003612A1 ist auf die oben beschriebenen Bestrahlungsmodule nicht ohne Weiteres anwendbar, da der Wendelschlauch meist aus PTFE und das Stützrohr aus Quarzglas ist und eine stoffschlüssige Verbindung zwischen diesen Materialen nicht möglich ist. Ferner wäre eine Vielzahl an stoffschlüssigen Verbindungsstellen nötig, um einen helikal verlaufenden Kanal zwischen Wendelschlauch und Stützrohr zu bilden, was einen erheblichen technischen Aufwand bedeuten würde.

**[0023]** Weiterhin besteht Bedarf an einem Verfahren zum Verbinden von flexiblen, profilierten Hohlzylindern mit zylinderförmigen Körpern, das im industriellen Maßstab durchgeführt werden kann. Insbesondere die zumindest teilweise Automatisierung des Prozesses ist hier von enormer Wichtigkeit, um z. B. die in den Anmeldungen WO002/38502A1, WO02/38191A1, WO07/096057A2 und EP1464342A1 beschriebenen Bestrahlungsvorrichtungen in einem industriellen Maßstab kostengünstig und reproduzierbar herstellen zu können.

**[0024]** Ausgehend vom bekannten Stand der Technik stellt sich demnach die Aufgabe, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem flexible, profilierte Hohlzylinder mit zylinderförmigen Körpern verbunden werden können, ohne dass eine Komponente hierbei einen Schaden nimmt. Das gesuchte Verfahren soll zumindest teilweise automatisierbar sein. Es soll einfach und kostengünstig auszuüben sein. Ferner stellt sich die Aufgabe, eine Vorrichtung bereitzustellen, mit dem das gesuchte Verfahren ausgeübt werden kann. Die gesuchte Vorrichtung soll intuitiv zu bedienen und ebenfalls kostengünstig sein. Das gesuchte Verfahren soll die reproduzierbare Herstellung von Bestrahlungsvorrichtungen ermöglichen, die über wohldefinierte Kanalgeometrien verfügen und die damit wirkungsvolle und reproduzierbare Ergebnisse bei der Bestrahlung von fluiden Medien mittels elektromagnetischer Strahlung, zum Beispiel zum Zweck der Inaktivierung von Mikroorganismen und/oder Viren mit UV-Strahlung, erzielen.

**[0025]** Überraschend wurde gefunden, dass sich flexible, profilierte Hohlzylinder einfach mit einem zylinderförmigen Körper verbinden lassen, wenn die profilierten Hohlzylinder entlang der Längsachse gestreckt werden.

**[0026]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein Verfahren zum Verbinden eines flexiblen, profilierten Hohlzylinders, z. B. eines Wellschlau-

ches, Wellrohres oder Wendelschlauches, mit einem zylinderförmigen Körper, z. B. einem Rohr, durch axiales ineinanderführen beider Teile zu einem Verbundkörper mit folgenden, zeitlich aufeinander folgenden Verfahrensschritten:

- axiales Strecken des profilierten Hohlzylinders im plastischen Bereich seines Werkstoffes,
- Einbringen des zylindrischen Körpers in den so gestreckten profilierten Hohlzylinder und abschließendes
- Entspannen des profilierten Hohlzylinders.

**[0027]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist für flexible, profilierte Hohlzylinder anwendbar, deren Profilierung zumindest teilweise in Form von Wellen oder Rillen besteht, die nicht in Richtung der Längsachse verlaufen. Beispiele solcher flexibler, profiliert Hohlzylinder sind in [Fig. 1](#) schematisch dargestellt. Weitere Profilierungen sind denkbar.

**[0028]** Die Streckung des profilierten Hohlzylinders bedeutet, dass der Hohlzylinder entlang seiner Längsachse gestreckt wird, so dass seine Länge zunimmt. Erfindungsgemäß beträgt der Grad der Streckung von 1% bis 30%, bevorzugt von 5% bis 20%, besonders bevorzugt von 10 bis 15%, so dass die Länge des Hohlzylinders um den genannten Prozentsatz zunimmt. Überraschend wurde gefunden, dass durch eine erfindungsgemäße Streckung der kleinste Innendurchmesser des Hohlzylinders, der durch die Windungen/Engstellen der Profilierung gebildet wird, zunimmt.

**[0029]** Erfolgt eine Streckung über einen Schwellenwert hinaus, so kann der kleinste Durchmesser wieder abnehmen. Der Schwellenwert ist dabei abhängig vom Material und der Profilierung. Der Schwellenwert kann einfach empirisch ermittelt werden. Weiterhin kann es bei zu großer Streckung auch zu Schäden am profilierten Hohlzylinder kommen. Eine übermäßige Streckung sollte daher vermieden werden. Um die Belastung des Materials des profilierten Hohlzylinders zu minimieren, sollte der Zeitraum der Streckung minimiert werden. Die für den jeweiligen Fall optimale Dauer der Streckung kann empirisch ermittelt werden. Parameter, welche die optimale Dauer einer Streckung bestimmen sind z. B. Material, Dicke und Länge des Hohlzylinders, Temperatur, Durchsatz, und viele mehr. Bevorzugt erfolgt die erfindungsgemäße Streckung nicht länger als zwei Minuten, wenn der gestreckte Hohlzylinder aus PTFE (Polytetrafluorethylen) besteht und bei Raumtemperatur (15°C bis 25°C) verarbeitet wird.

**[0030]** Die erfindungsgemäße Streckung des profilierten Hohlzylinders kann erfolgen, indem der Hohlzylinder an einem Ende fixiert und am anderen Ende gefasst und gestreckt wird. Z. B. kann der Hohlzylinder an einem Ende aufgehängt werden. Durch das eigene Gewicht des Hohlzylinders erfolgt bereits eine

gewisse Streckung. Durch Anbringen von Gewichten und/oder durch Ziehen am anderen Ende kann die Streckung vergrößert werden. Der zylinderförmige Körper kann von oben oder unten in den gestreckten Hohlzylinder eingebracht werden.

**[0031]** Bevorzugt erfolgt die Streckung durch Fassen des Hohlzylinders an mindestens einer Stelle, bevorzugt an mindestens zwei Stellen. Bevorzugte Stellen zum Fassen des Hohlzylinders sind die beiden Enden. Bei einer Fassung an zwei Stellen, kann eine Fassungsstelle (die erste) festgehalten werden, während die andere Fassungsstelle von der ersten entfernt wird. Dadurch erfolgt eine Streckung des Hohlzylinders. Ebenso ist es denkbar, dass sich beide Fassungsstellen voneinander entfernen. In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Fassung des Hohlzylinders an mehreren Stelle entlang des Hohlzylinders. Die Fassungsstellen sind bevorzugt gleichmäßig über die Länge des Hohlzylinders verteilt. Bevorzugt befinden sich an den beiden Enden des Hohlzylinders Fassungsstellen.

**[0032]** Die optimale Zahl der Fassungsstellen hängt von der Länge, Form und dem Material des Hohlzylinders ab und kann empirisch ermittelt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der Abstand zweier benachbarter Fassungsstellen 300 mm bis 500 mm, bei Verwendung eines PTFE-Wendeschlauches mit einem Durchmesser von 5 bis 20 cm als profiliertem Hohlzylinder.

**[0033]** Beim Einbringen des zylinderförmigen Körpers in den gestreckten Hohlzylinder ist es unerheblich, ob der Körper in den Hohlzylinder geschoben oder der Hohlzylinder auf den Körper gezogen oder geschoben wird, oder ob eine Kombination der Bewegungen und Kräfte erfolgt. Eine entsprechende Vorrichtung sorgt dafür, dass Körper und Hohlzylinder in eine vorgegebene Position zueinander gelangen (Beispiel s. u.). Wenn im Folgenden davon die Rede ist, dass der Hohlzylinder auf den Körper gezogen oder geschoben oder der Körper in den Hohlzylinder geschoben oder gezogen wird, ist damit stets eine Kraft und eine resultierende relative Bewegung zwischen Hohlzylinder und Körper gemeint, die Hohlzylinder und Körper in eine vorgegebene Position zueinander bringt.

**[0034]** In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Einbringen des zylindrischen Körpers in den gestreckten Hohlzylinder unter Verwendung einer so genannten Zentrierungsvorrichtung oder Einführungshilfe. In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Zentrierungsvorrichtung oder Einführungshilfe ein Aufsatz, der an dem Ende des zylinderförmigen Körpers angebracht wird, mit dem voran der Körper in den Hohlzylinder eingebracht wird. Der einzubringende Kör-

per verfügt ggf. über scharfe Kanten, die beim Einbringen des Körpers in den Hohlzylinder zu Abschlägen und/oder Kratzern und/oder Schnitten an den Windungen/Engstellen der Profilierung des Hohlzylinders führen können. Der gestreckte Hohlzylinder lässt sich nicht in allen Fällen über seine gesamte Länge entlang seiner Längsachse ausrichten. Bei einer horizontalen Lage des gestreckten Hohlzylinders hängt der flexible Hohlzylinder zwischen zwei Fassungsstellen ggf. ein wenig herunter. Der einzubringende zylinderförmige Körper könnte beim Einführen gegen Windungen/Engstellen stoßen und Schaden anrichten. Dies wird durch Verwendung einer Zentrierungsvorrichtung oder Einführungshilfe wirksam verhindert, die bevorzugt konisch ausgeführt ist und den einzubringenden Körper führt. Ein Beispiel einer Zentrierungsvorrichtung oder Einführungshilfe ist in [Fig. 5](#) gegeben.

**[0035]** Im abschließenden Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Kraft zur Streckung des Hohlzylinders aufgehoben, so dass der Hohlzylinder entspannt und seine Länge abnimmt. Der kleinste Durchmesser des Hohlzylinders nimmt durch diese Entspannung wieder ab und der Hohlzylinder umschließt den zylinderförmigen Körper.

**[0036]** Dieser abschließende Schritt erfolgt dabei möglichst gleichmäßig über die gesamte Länge des Hohlzylinders, damit keine Spannungen innerhalb des profilierten Hohlzylinders entstehen. Der Hohlzylinder soll gleichmäßig und einheitlich mit dem zylinderförmigen Körper verbunden werden. Dies geschieht besonders wirkungsvoll unter Verwendung so genannter Matritzen, welche die Entspannung führen und die Adjustierung zwischen Hohlzylinder und zylinderförmigem Körper erleichtern. In einer bevorzugten Ausführungsform verfügen die Matritzen über ein Profil, das dem „Negativ“ des Hohlzylinderprofils entspricht. Dadurch wird sichergestellt, dass eine maximale Kontaktfläche erzeugt wird und die Kräfte zur Streckung und Adjustierung gleichmäßig in den profilierten Hohlzylinder eingebracht werden können.

**[0037]** Es sei darauf hingewiesen, dass das erfindungsgemäße Verfahren sowohl zum „Aufbringen“ auf als auch zum „Einbringen“ eines flexiblen, profilierten Hohlzylinders in einen anderen Hohlzylinder geeignet ist. Durch erfindungsgemäße Streckung des profilierten

**[0038]** Hohlzylinder nimmt nicht nur sein kleinster Innendurchmesser zu, sondern überraschenderweise auch sein größter Außendurchmesser ab. Soll ein flexibler, profiliertes Hohlzylinder in einen Hohlzylinder eingebracht werden, dessen Innendurchmesser kleiner ist als der größte Außendurchmesser des profilierten Hohlzylinders, so kann durch erfindungsgemäße Streckung das Einbringen einfach, mit geringem Kraftaufwand und bei Vermeidung von Schäden

an den Hohlzylindern vollbracht werden. Die hier angesetzten Überlegungen und Lösungen lassen sich somit auch auf dieses technische Problem anwenden.

**[0039]** Überraschend wurde gefunden, dass sich das erfindungsgemäße Verfahren zum Verbinden flexibler, profilerter Hohlzylinder mit zylinderförmigen Körpern sehr gut zur Herstellung von Bestrahlungsvorrichtungen eignet. Unter einer Bestrahlungsvorrichtung wird eine Vorrichtung verstanden, die von einem fluiden Medium durchströmt wird, wobei das Medium einer elektromagnetischen Strahlung ausgesetzt wird. Bei Verwendung von UV-Strahlung lässt sich eine solche Bestrahlungsvorrichtung z. B. zur Reduktion von Mikroorganismen und/oder Viren in fluiden Medien einsetzen. Bei Verwendung von IR-Strahlung lässt sich eine solche Bestrahlungsvorrichtung z. B. zur Erwärmung eines fluiden Mediums einsetzen. Weitere Verwendungsmöglichkeiten sind denkbar, wie beispielsweise Reaktoren für photochemisch aktivierte und/oder photochemisch ablaufende Prozesse.

**[0040]** In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als flexibler, profilerter Hohlzylinder ein Wendeschlauch eingesetzt. Der Wendeschlauch besteht bevorzugt aus einem Kunststoff, z. B. PTFE (Perfluorethylen). Als zylinderförmiger Körper wird bevorzugt ein für elektromagnetische Strahlung durchsichtiges Rohr verwendet. Bevorzugt wird ein Quarzglasrohr verwendet, das für UV-Strahlung durchlässig ist. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders zur Herstellung von solchen Bestrahlungsvorrichtungen – nachstehend auch Bestrahlungsmodule genannt, die dadurch gekennzeichnet sind, dass ein Wendeschlauch mit einem Stützrohr so verbunden ist, dass zwischen dem Wendeschlauch und dem Stützrohr eine Presspassung vorliegt. Unter Presspassung wird verstanden, dass der kleinste Innendurchmesser des Wendeschlauchs im kräftefreien Zustand kleiner ist als der Außendurchmesser des zylinderförmigen Körpers. Durch die erfindungsgemäße Streckung wird der kleinste Innendurchmesser des Wendeschlauchs vergrößert und erreicht einen Wert, der größer als der Außendurchmesser des Stützrohrs ist. Dadurch ist ein einfaches Einbringen des Stützrohrs in den Wendeschlauch ohne übermäßige Kraftaufbringung und damit ohne Schädigung des Schlauchs und des Stützrohrs möglich. Wird die Streckung aufgehoben, nimmt der kleinste Innendurchmesser des Schlauches ab und die Windungen des Schlauches umschließen das Quarzglasrohr formschlüssig und gleichmäßig. Durch die Presspassung üben die Windungen einen Druck auf das Quarzglas aus, so dass der Schlauch nicht vom Quarzglasrohr abrutschen kann. Ferner kommt es bei der Verwendung der Bestrahlungsmodule zu keiner Kurzschlussströmung zwischen benachbarten

Helikalwendeln. Es entsteht in reproduzierbarer Weise ein Kanal, der über seine Länge einen gleichförmigen Querschnitt aufweist und helikal um das Stützrohr verläuft.

**[0041]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit auch ein Verfahren zur Herstellung von Bestrahlungsmodulen. Ebenso sind Bestrahlungsmodule, die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt worden sind, Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Die erfindungsgemäßen Bestrahlungsmodule lassen sich z. B. zur Bestrahlung von fluiden Medien zum Zwecke der Sterilisation und/oder Virusaktivierung einsetzen.

**[0042]** Die Sterilisation oder Keimreduzierung in fluiden Medien ist in vielen Prozessen ein wichtiger Verfahrensschritt. Kontaminationen mit aktivem, das heißt vermehrungsfähigem, biologischem Material wie Mikroorganismen oder Viren stellt oft eine Gefährdung der Produktsicherheit dar, der wirkungsvoll begegnet werden muss.

**[0043]** Die Keimreduktion durch Inaktivierung mit ultravioletter Strahlung, besonders mit UV-C Strahlung und speziell bei etwa 254 nm Wellenlänge ist seit langem bekannt und wird vielfach praktisch angewandt. Beispiele sind neben Oberflächenentkeimungen auch die Behandlung flüssiger Medien wie Trink- und Abwasser. Eine wesentliche technische Herausforderung ist dann gegeben, wenn neben den zu inaktivierenden Mikroorganismen auch Wertstoffe enthalten sind, die zu einem gewissen Grad auch durch die Strahlung geschädigt werden können.

**[0044]** Solche Anforderungen sind typisch für die Entkeimung im Bereich der Lebensmittel und von bio-pharmazeutischen Flüssigkeiten, wie beispielsweise Proteinlösungen. Zusätzliche Schwierigkeiten ergeben sich dann, wenn die Trübung der prozessierten Flüssigkeit im Bereich der UV-C Strahlung hoch und damit die Eindringtiefe der inaktivierenden Strahlung gering ist.

**[0045]** Solche Anwendungen verlangen nach technischen Systemen, die trotz der hohen Trübung eine homogene Bestrahlung, das heißt eine enge Dosisverteilung, realisieren können. Bei durchströmten Apparaten ist hier zusätzlich eine gewisse Verweilzeit in der Bestrahlungszone, gleichbedeutend mit Bestrahlungszeit, vorzusehen. Die systemspezifische Verweilzeitverteilung führt dabei auch zu einer breiten, das heißt inhomogenen, Dosisverteilung in der Flüssigkeit.

**[0046]** Das erfindungsgemäße Bestrahlungsmodul für die Bestrahlung von Fluiden mit elektromagnetischer Strahlung umfasst ein UV-transparentes Rohr (zylinderförmiger Körper) zur Aufnahme einer zentral angeordneten, länglichen Strahlenquelle und einen

mit dem Rohr verbundenen Wendelschlauch (profilerter Hohlzylinder), so dass zwischen dem Wendelschlauch und Rohr je nach Profilierung ein oder mehrere wendelförmige Kanäle entstehen, in denen ein prozessiertes Fluid, während der Verweilzeit in der Bestrahlungszone, bestrahlt werden kann.

**[0047]** Ein wendelförmiger Kanal zwingt das durchströmende Fluid in eine helikale Strömung. Das besondere Kennzeichen des durchströmten Kanals ist eine intensive, über die gesamte Länge herrschende gleichförmige (durch sogenannte Dean-Wirbel hervorgerufene) Quervermischung senkrecht zur Hauptrichtung der Produktströmung – sogar bei laminaren Strömungsverhältnissen. Dadurch wird gewährleistet, dass die von der Strahlenquelle entfernten Flüssigkeitsschichten, die besonders bei stark lichtabsorbierenden Medien keine oder wenig UV-Strahlung erhalten, einen intensiven Austausch mit den UV-bestrahlten Schichten nahe der Strahlenquelle eingehen.

**[0048]** Besonders bevorzugt hat ein solcher Kanal ein rechteckförmiges (vorzugsweise mit abgerundeten Ecken), trapezförmiges oder halbrundes Querschnittsprofil. Ein Kanal weist insbesondere eine Tiefe von 1 bis 100 mm, bevorzugt von 2 bis 50 mm, und eine mittlere Breite von 1 bis 200 mm, bevorzugt von 2 bis 50 mm, im Querschnittsprofil auf.

**[0049]** Ganz besonders bevorzugt ist eine Bauform des profilierten Hohlzylinders, in der die Profilierung in einem einzigen, innen entlang der Mantelfläche wendelförmig laufenden Kanals besteht, der eine Steigung von 2 bis 20° (Steigungswinkel), bevorzugt von 4 bis 10°, aufweist.

**[0050]** Das Material des Rohres, durch das die Bestrahlung der Flüssigkeit erfolgt, sollte weitgehend strahlendurchlässig sein. Geeignete Materialien sind je nach Wellenlängenbereich der elektromagnetischen Strahlung beispielsweise Glas oder Kunststoffe. Das Material, das den Kanal ausbildet und nicht durchstrahlt wird, sollte insbesondere formstabil sein. Geeignete Werkstoffe sind beispielsweise metallische Werkstoffe, Kunststoffe, Keramiken, Glas oder Komposit-Materialien. Sollte dieses Material mindestens weitgehend für die verwendete elektromagnetische Strahlung transparent sein, so kann eine ergänzende oder alternative Bestrahlung auch durch dieses Bauteil von außen erfolgen. Eine weitere Ausführung kann eine spiegelnde Beschichtung auf der Innenseite des profilierten Hohlzylinders sein, so dass es zu einer Spiegelung der Strahlung und damit zu einer Intensivierung der Strahlung in der Bestrahlungszone kommt.

**[0051]** In einer bevorzugten Ausführungform wird das erfindungsgemäße Bestrahlungsmodul durch Verbinden eines Wendelschlauches aus PTFE mit ei-

nem für UV-Strahlen durchlässigen Stützrohr erzeugt, wobei der kleinste Innendurchmesser des Wendelschlauches, gegeben durch die inneren Windungen, geringfügig kleiner als der Außendurchmesser des Stützrohrs ist. Unter geringfügig kleiner, wird verstanden, dass der kleinste Innendurchmesser des Wendelschlauches um 0,01% bis 5%, bevorzugt um 0,1% bis 3% kleiner ist als der Außendurchmesser des Stützrohrs. Dadurch wird eine straffe, kraftschlüssige Verbindung zwischen beiden Elementen des Bestrahlungsmoduls hergestellt (Presspassung). Hierdurch lassen sich die sonst durch Spalte zwischen den Strömungskanälen verursachten axialen Kurzschlussströmungen verhindern, die eine starke Verbreiterung der Verweilzeitverteilung zur Folge hätten.

**[0052]** Ein Aufblähen des Wendelschlauches infolge des bei größeren Produktströmen ansteigenden Druckverlustes ist wegen der Ausbildung von Kurzschlussströmungen unerwünscht und wird z. B. durch eine entsprechend dimensionierte Wandstärke des Wendelschlauches und/oder in den Wendelschlauch eingelegte Metallarmierungen und/oder eine Ummantelung verhindert. Die Gestaltung eines Mantelrohres (Ummantelung) ist dabei günstigerweise so festzulegen, dass der Innendurchmesser des Mantels geringfügig kleiner ist als der Schlauchaußendurchmesser, um ohne nennenswerte Schlauchdeformation einen zusätzlichen Anpressdruck zu erzeugen. Bei kleinen Druckverlusten kann ein auf den Wellschlauch einfach aufzubringender Schrumpfschlauch die Druckstabilität verbessern.

**[0053]** Der Strahlungseintrag erfolgt über eine zentral in dem Stützrohr eingebrachte längliche Strahlungsquelle oder von außen mit um den Wendelschlauch angeordneten Strahlungsquellen. Bevorzugt erfolgt eine Bestrahlung durch eine innen im Stützrohr angebrachte Strahlungsquelle. Das Stützrohr ist zur UV-C-Behandlung bevorzugt als für UV-C-Strahlen durchlässiges Quarzrohr ausgeführt. Da eine Reinigung der Kanäle aufgrund ihrer schlechten Zugänglichkeit schwierig ist, werden die erfindungsgemäßen Bestrahlungsmodule in einer bevorzugten Ausführungsform als steril oder keimarm verpackte Einwegelemente ausgeführt. Einwegsysteme sind besonders in der biopharmazeutischen Industrie verbreitet, da man sich durch den Einsatz von Einwegsystemen aufwändige Reinigungsvalidierungen spart. Die Anforderungen an solche Einwegsysteme sind, dass diese kostengünstig hergestellt werden können und eine reproduzierbare Qualität aufweisen. Die Qualität bezieht sich hierbei insbesondere auf gleichbleibende Dimensionierung und gleichbleibende Oberflächeneigenschaften des Stützrohres (keine Gleitmittel, kein Film, keine Kratzer). Die erfindungsgemäßen Bestrahlungsmodule erfüllen diese Anforderungen, weil das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung der Bestrahlungs-

module reproduzierbare Ergebnisse liefert, automatisiertbar und damit in einem industriellen Maßstab ausführbar, sowie kostengünstig ist.

**[0054]** Die erfindungsgemäßen Bestrahlungsmodule werden deshalb erfindungsgemäß als in einem Reinraum verpackte, zertifizierte, schnell und einfach austauschbare Einwegmodule für den Einsatz in GMP-kontrollierten biopharmazeutischen oder Lebensmittelprozessen zur Verwendung empfohlen (GMP = Good Manufacturing Practice).

**[0055]** Die erfindungsgemäßen Bestrahlungsmodule weisen weiterhin mindestens zwei Anschlüsse zum Einleiten und Ausführen eines Fluids in den helikalen Bestrahlungsraum auf. Beispiele, wie ein Wendeschlauch auf einem Stützkörper mit Anschläßen versehen werden kann, finden sich in EP 1464342 A1.

**[0056]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ferner eine Vorrichtung zum Verbinden von flexiblen, profilierten Hohlzylindern mit zylinderförmigen Körpern. Die erfindungsgemäße Vorrichtung verfügt über Mittel zur Fassung eines flexiblen, profilierten Hohlzylinders an einer oder mehreren Stellen, über Mittel zur Streckung des Hohlzylinders und über Mittel zum Einbringen des Körpers in den profilierten Hohlzylinder.

**[0057]** Die Fassung eines Hohlzylinders erfolgt bevorzugt an mindestens zwei Stellen. Die Mittel zur Fassung der Hohlzylinder (Fassungselemente) fassen einen Hohlzylinder bevorzugt an den Enden. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind weitere Fassungselemente vorzugsweise gleichmäßig über die Länge des Hohlzylinders verteilt. Alle Fassungselemente oder alle Fassungselemente bis auf eines sind beweglich ausgeführt, so dass sie nach Fassen des Hohlzylinders gegeneinander bewegt werden können und so der Hohlzylinder entlang seiner Längsachse gestreckt (gelängt) werden kann. Die Bewegung der Fassungselemente erfolgt z. B. durch Schrittmotoren oder Ähnliches.

**[0058]** In einer bevorzugten Ausführungsform verfügt die erfindungsgemäße Vorrichtung über Positionsgeber, welche die Position eines jeden Fassungselements feststellen lassen, so dass die Streckung und/oder die Adjustierung und/oder die Entspannung geregelt verläuft.

**[0059]** Die Mittel zum Einbringen des zylinderförmigen Körpers in den profilierten Hohlzylinder bestehen z. B. aus einer motorgetriebenen Schubstange, welche den z. B. auf Stützelementen gelagerten Körper in den Hohlzylinder einbringt.

**[0060]** In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin

Mittel zur Temperierung, um konstante Prozessbedingungen zu gewährleisten. Ferner kann es vorteilhaft sein, den profilierten Hohlzylinder vor der Streckung und/oder Entspannung zu erwärmen, um z. B. seine Elastizität zu erhöhen und damit Schädigungen infolge der Streckung zu verhindern.

**[0061]** In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin Mittel zur Adjustierung zwischen Hohlzylinder und zylinderförmigem Körper auf. Ein Beispiel ist in [Fig. 6c](#) gezeigt.

**[0062]** In einer bevorzugten Ausführungsform weisen die Fassungselemente und/oder Mittel zur Adjustierung an der Kontaktstelle zum Hohlzylinder ebenfalls eine profilierte Kontur auf, die der Negativkontur des profilierten Hohlzylinders entspricht. Die Breite einer Aufnahme sollte mindestens eine, bevorzugt zwei bis zehn, besonders bevorzugt zwei bis fünf Profilwindungen betragen.

**[0063]** In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin Mittel zur Erhöhung des Innendrucks innerhalb des profilierten Hohlzylinders, um den kleinsten Innen durchmesser des profilierten Hohlzylinders aufzuweiten. Die Druckerhöhung kann unterstützend zur Streckung durchgeführt werden.

**[0064]** Weitere Merkmale der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind Mittel zur Steuerung der Streckung und/oder der Adjustierung des profilierten Hohlzylinders und/oder des Einbringens des zylinderförmigen Körpers in den gestreckten Hohlzylinder.

**[0065]** Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren näher erläutert.

**[0066]** Es zeigen:

**[0067]** [Fig. 1](#) zeigt schematisch vier Beispiele für profilierte Hohlzylinder in der Seitenansicht, die unterschiedliche Profilierungen aufweisen: wendelförmige Windungen (a, c); wellenförmige Windungen (b, d). Alle gezeigten Hohlzylinder weisen eine Profilierung auf, die in Form von Wellen oder Rillen besteht, die nicht in Richtung der Längsache verlaufen.

**[0068]** [Fig. 2](#) zeigt schematisch einen profilierten Hohlzylinder (1), der mit einem zylinderförmigen Körper (2) verbunden ist. Die Profilierung (3) besteht aus parallelen ringförmigen Windungen entlang der Mantelfläche des Hohlzylinders.

**[0069]** [Fig. 3](#) zeigt schematisch ein erfindungsgemäßes Bestrahlungsmodul, umfassend einen Wendeschlauch als profilierten Hohlzylinder (1) und ein zylinderförmiges Stützrohr (2): (a) in der Seitenansicht, (b) im Querschnitt von der Seite. Die wendelförmige

mige Profilierung (3) führt in Kombination mit der Presspassung zu einem Kanal (20) der helikal um das Stützrohr verläuft. Spalte zwischen benachbarten Windungen des Kanals werden durch die Presspassung verhindert. In WO2007/096057A2 sind Beispiele beschrieben, wie der Kanal mit Anschlüssen zur Zu- und Abfuhr von fluiden Medien versehen werden kann.

[0070] [Fig. 4](#) zeigt schematisch das erfindungsgemäße Verfahren zum Verbinden elastischer, profilierten Hohlzyllinder (1) auf einen zylinderförmigen Körper (2). In [Fig. 4\(a\)](#) wird der Hohlzyllinder zunächst gestreckt (angedeutet durch die weißen horizontalen Pfeile). Der kleinste Innendurchmesser  $D_i$  des Hohlzyllinders ist im spannungsfreien Zustand bevorzugt geringfügig kleiner als oder genauso groß wie der Außendurchmesser  $D_A$  des zylinderförmigen Körpers. Durch die Streckung steigt der kleinste Innendurchmesser auf einen Wert  $d_i$  an, der größer als der Außendurchmesser  $D_A$  ist ([Fig. 4b](#)).

[0071] In [Fig. 4\(b\)](#) ist gezeigt, wie der zylinderförmige Körper einfach in den gestreckten Hohlzyllinder eingebracht werden kann (angedeutet durch den dicken schwarzen Pfeil).

[0072] In [Fig. 4\(c\)](#) wird der Hohlzyllinder entspannt (angedeutet durch die weißen Pfeile) und schließt sich in [Fig. 4\(d\)](#) formschlüssig um den zylinderförmigen Körper. Der Vorgang des Verbindens sollte zur Schonung des Materials des profilierten Hohlzyllinders, vor allem bei Verwendung von PTFE, in wenigen Minuten, vorzugsweise deutlich unter einer Minute abgeschlossen sein, um bleibende Verformungen des Materials und damit eine Verringerung der Presspassung zu vermeiden.

[0073] [Fig. 5](#) zeigt schematisch ein Beispiel einer Zentrierungsvorrichtung oder Einführungshilfe, um das Einbringen des zylinderförmigen Körpers in den gestreckten Hohlzyllinder zu vereinfachen und Schäden zu verhindern. Im vorliegenden Beispiel ist der zylinderförmige Körper (2) ein Glasrohr. Auf dieses Glasrohr wird die Zentrierungsvorrichtung (80) aufgesteckt. Ein Gummiring (81) sorgt dafür, dass das Glasrohr nicht beschädigt wird. Die konische Spitze der Zentrierungsvorrichtung erleichtert das Einbringen. Die Zentrierungsvorrichtung ist in [Fig. 5\(a\)](#) von der Seite und in [Fig. 5\(b\)](#) von der dem Glasrohr zugewandten Seite gezeigt.

[0074] [Fig. 6a](#) zeigt schematisch ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Verbinden eines profilierten Hohlzyllinders (1) mit einem zylinderförmigen Körper (2) von der Seite. Der zylinderförmige Körper ist im vorliegenden Beispiel als Rohr ausgeführt. Die Vorrichtung umfasst vier Stützen (40) zur Fixierung und Führung des Rohres, eine Schubstange (60) mit konischer Spitze (65) zum Einschieben

des Rohres in den Hohlzyllinder und drei Fassungselemente (50a, 50b, 50c). Im vorliegenden Beispiel wird das Fassungselement (50c) festgehalten, während die Fassungselemente (50a) und (50b) beweglich sind und durch eine Antriebseinheit vom Fassungselement (50c) unter Streckung des Hohlzyllinders wegbewegt werden. Damit die Streckung über die gesamte Länge des Hohlzyllinders gleichmäßig erfolgt, muss sich das Fassungselement (50a) doppelt so schnell vom Element (50c) fortbewegen, wie Fassungselement (50b). Bei Verwendung von Schrittmotoren muss das Fassungselement (50a) bei jedem Schritt, den sich Fassungselement (50b) vom Element (50c) fortbewegt, zwei Schritte in dieselbe Richtung vornehmen. Dies wird durch die unterschiedlich langen weißen Pfeile oberhalb der Fassungselemente angedeutet. Analoges gilt für die Entspannung.

[0075] [Fig. 6b](#) zeigt schematisch eine Stütze (40) aus [Fig. 6a](#) von vorne.

[0076] [Fig. 6c](#) zeigt schematisch und beispielhaft zwei verschiedene Typen von Fassungselementen (50d, 50e) im Querschnitt. Fassungselement (50e) dient der Fassung eines profilierten Hohlzyllinders (1) an einem seiner Enden. Es umfasst einen Ring (52) mit konischer Führung zum Eingreifen in den Hohlzyllinder und einen weiteren Ring (53). Die Wulst am Ende des profilierten Hohlzyllinders wird zwischen die Ringe (52) und (53) z. B. mittels einer Schraubverbindung (hier nicht gezeigt) geklemmt.

[0077] Das Fassungselement (50d) dient der Fassung eines profilierten Hohlzyllinders zwischen seinen Enden. Es weist eine Kontur auf, die dem Negativprofil des Hohlzyllinders entspricht. Die Kontur dient der Aufnahme und Fixierung des Hohlzyllinders und ermöglicht daneben die Adjustierung zwischen Hohlzyllinder und eingebrachtem Körper als auch die gleichmäßige Entspannung des gestreckten Hohlzyllinders.

[0078] [Fig. 6d](#) zeigt schematisch das Fassungselement (50d) von vorne. Es wird in der obigen Beschreibung auch als Matrize bezeichnet. Es besteht aus zwei halbkreisförmigen Elementen, die über ein Scharnier miteinander verbunden sind. In

[0079] [Fig. 6d](#) (I) ist das Element geöffnet und kann einen Hohlzyllinder aufnehmen. In [Fig. 6d](#) (II) ist das Element geschlossen. Die offenen Enden der halbkreisförmigen Elemente können z. B. durch Schraubverbindungen miteinander verbunden werden (hier nicht gezeigt), um ein ungewolltes Öffnen und/oder Herausrutschen des gefassten Hohlzyllinders zu verhindern.

[0080] [Fig. 7](#) zeigt schematisch, wie der Innenraum des profilierten Hohlzyllinders unter einen erhöhten

Druck  $p_i$  gesetzt werden kann, so dass das Einschieben des Rohres zusätzlich erleichtert wird. Diese Ausführung kann sowohl alleine ein ausreichendes Aufweiten des Innendurchmessers des profilierten Hohlzylinders hervorrufen oder in Kombination mit einer Streckung des profilierten Hohlzylinders ausgeführt werden.

#### Bezugszeichenliste

1	profilerter Hohlzylinder
2	zylinderförmiger Körper
3	Profilierung
20	wendelförmiger Kanal
40	Stützen
50a	Fassungselement, fixiert
50b	Fassungselement, beweglich
50c	Fassungselement, beweglich
50d	Fassungselement für Mitte = Matrize
50e	Fassungselement für Ende
52	Ring mit konischer Führung
53	Ring
60	Schubstange
65	konische Spitze
80	Zentrierungsvorrichtung/Einführungshilfe
81	Gummiring
90	Druckkammer

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden eines flexiblen, profilierten Hohlzylinders, z. B. eines Wellenschlauches, Wellrohres oder Wendeschlauches mit einem zylinderförmigen Körper, z. B. einem Rohr durch axiales ineinanderführen beider Teile zu einem Verbundkörper mit folgenden, zeitlich aufeinander folgenden Verfahrensschritten:

- axiales Strecken des profilierten Hohlzylinders im plastischen Bereich seines Werkstoffes,
- Einbringen des zylindrischen Körpers in den so gestreckten profilierten Hohlzylinder und abschließendes
- Entspannen des profilierten Hohlzylinders.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge des profilierten Hohlzylinders durch die Streckung um 1% bis 20% zunimmt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einbringen des zylinderförmigen Körpers eine Zentrierungsvorrichtung verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass vor und/oder während des Entspannens eine Adjustierung zwischen Hohlzylinder und Körper zur Verwirklichung einer gleichmäßigen Presspassung und Kanalgeometrie erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekenn-

zeichnet, dass die Adjustierung unter Zuhilfenahme von Matrizen stattfindet, die über eine Kontur verfügen, die der Negativprofilierung des profilierten Hohlzylinders entspricht.

6. Verfahren zur Herstellung von Bestrahlungsmodulen, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wendeschlauch auf ein Stützrohr mittels eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 aufgebracht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der kleinste Innendurchmesser des Wendeschlauchs 1% bis 5% kleiner als der Außen durchmesser des Stützrohres ist.

8. Bestrahlungsmodule, umfassend einen Wendeschlauch und einen Stützkörper, die durch eine Presspassung miteinander verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass das Bestrahlungsmodul durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7 hergestellt worden ist.

9. Vorrichtung zum Verbinden eines flexiblen, profilierten Hohlzylinders mit einem zylinderförmigen Körper, mindestens umfassend Mittel zur Fassung des Hohlzylinders an einer oder mehreren Stellen, Mittel zur Streckung des profilierten Hohlzylinders entlang seiner Längsachse und Mittel zum Einbringen des zylinderförmigen Körpers in den gestreckten Hohlzylinder.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Fassung mindestens zwei Fassungselemente umfassen, die den Hohlzylinder an beiden Enden aufnehmen und von denen mindestens ein Fassungselement beweglich ausgeführt ist, so dass die Fassungselemente unter Streckung des profilierten Hohlzylinders relativ voneinander entfernt werden können.

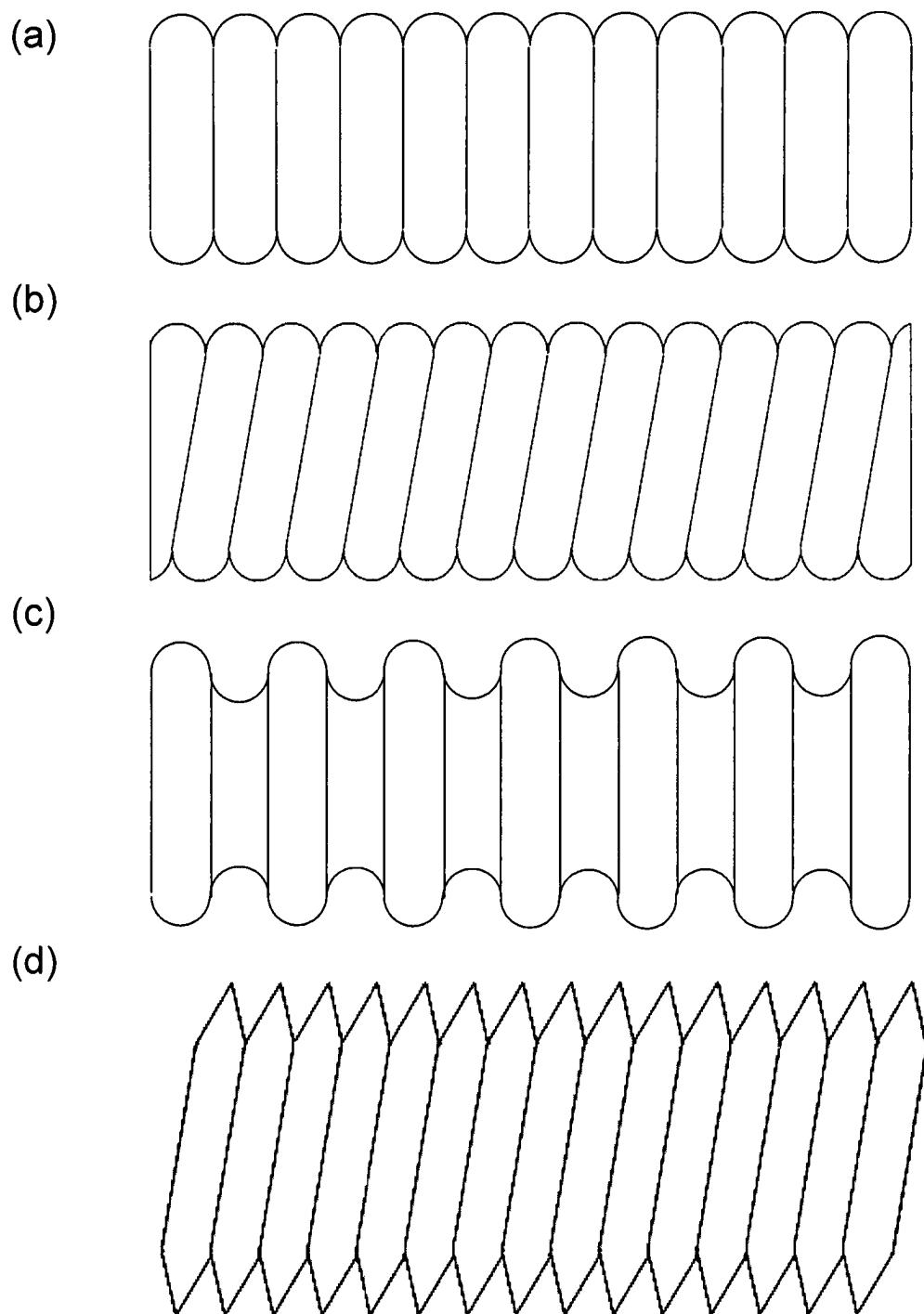
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Fassung des Hohlzylinders mehr als zwei Fassungselemente umfassen, die gleichmäßig über die Länge des Hohlzylinders verteilt sind und die sich relativ voneinander entfernen können.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, weiterhin umfassend Mittel zur Adjustierung des gestreckten Hohlzylinders in Bezug zum zylinderförmigen Körper.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, weiterhin umfassend Mittel zur Temperierung des profilierten Hohlzylinders.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



**Fig. 1**

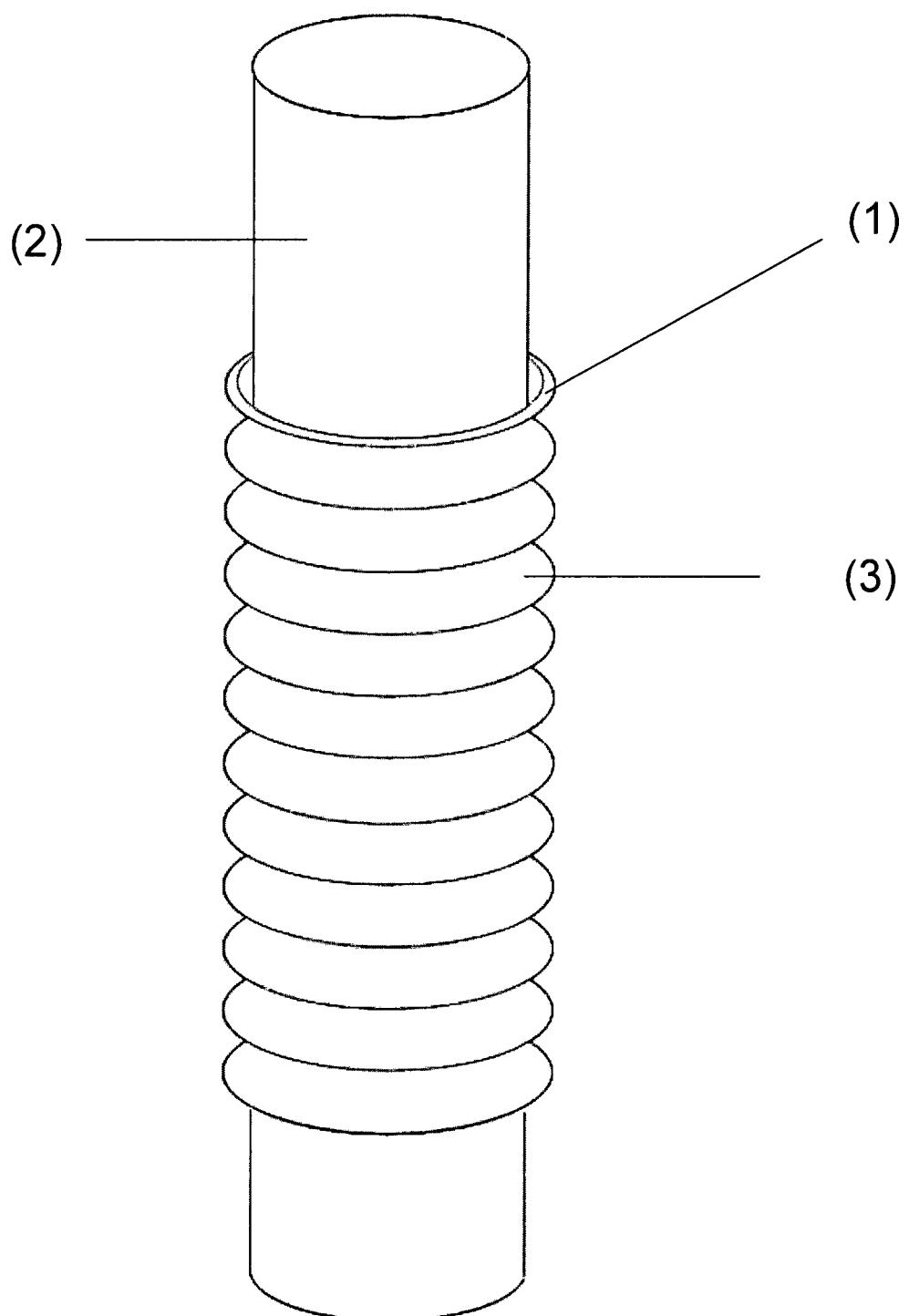


Fig. 2

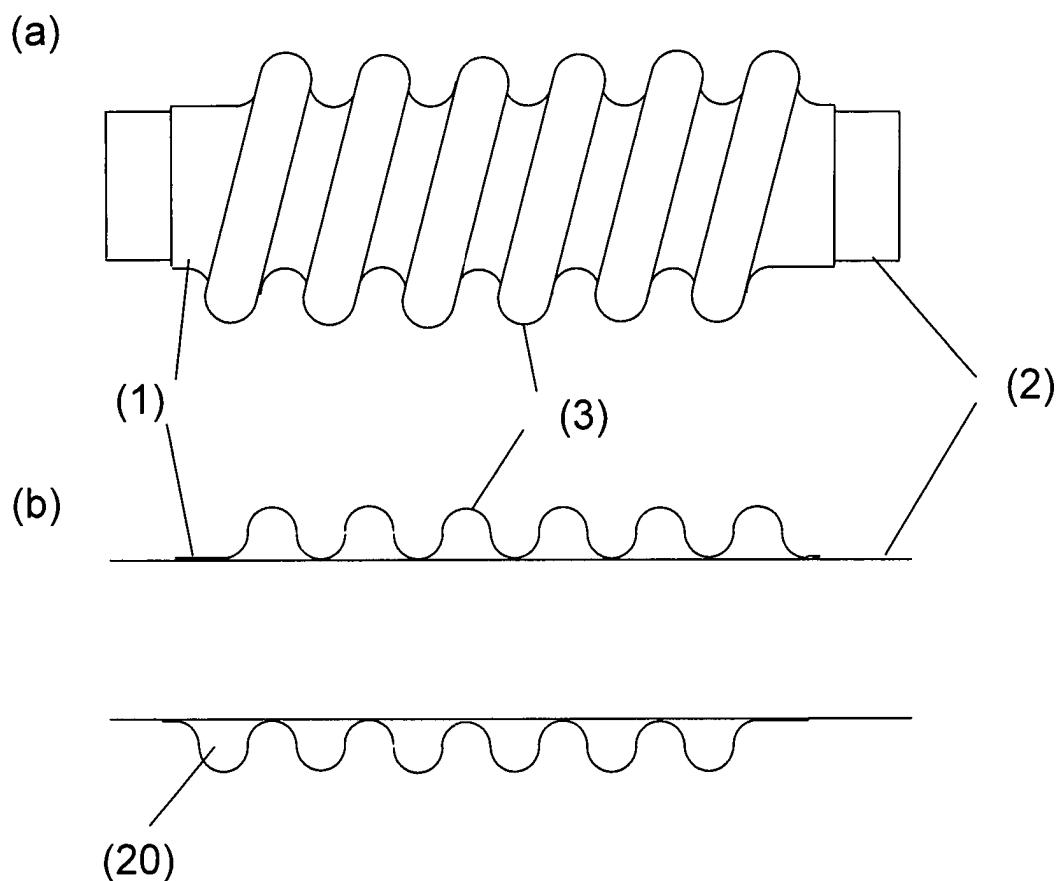


Fig. 3

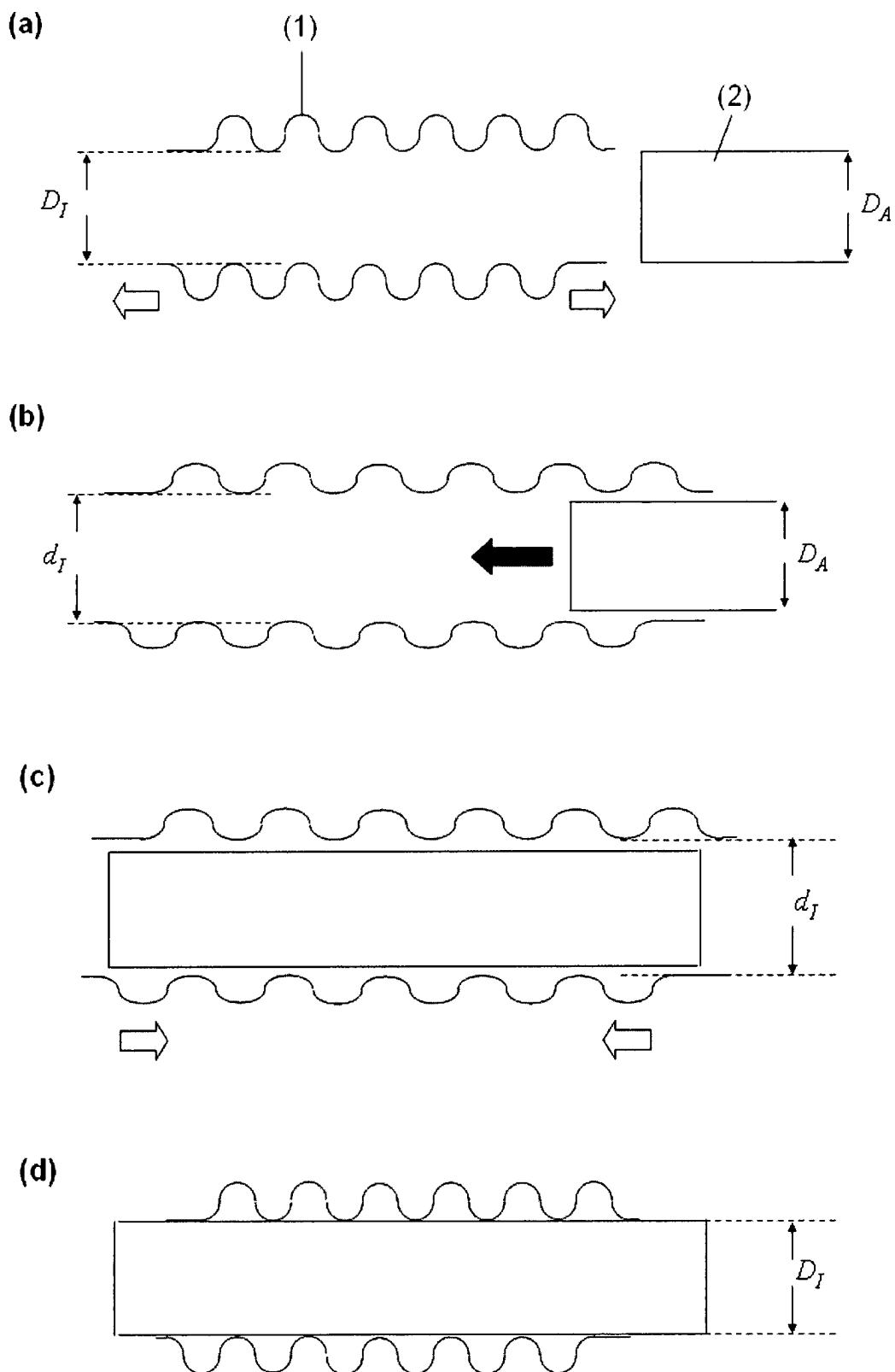
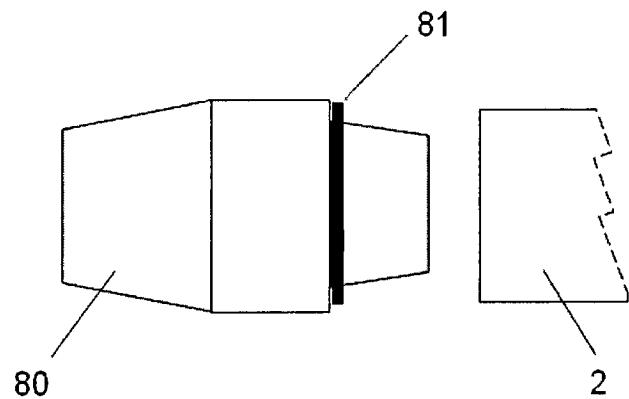


Fig. 4

(a)



(b)

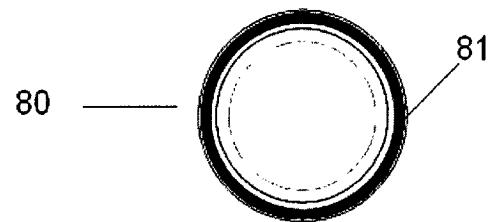


Fig. 5

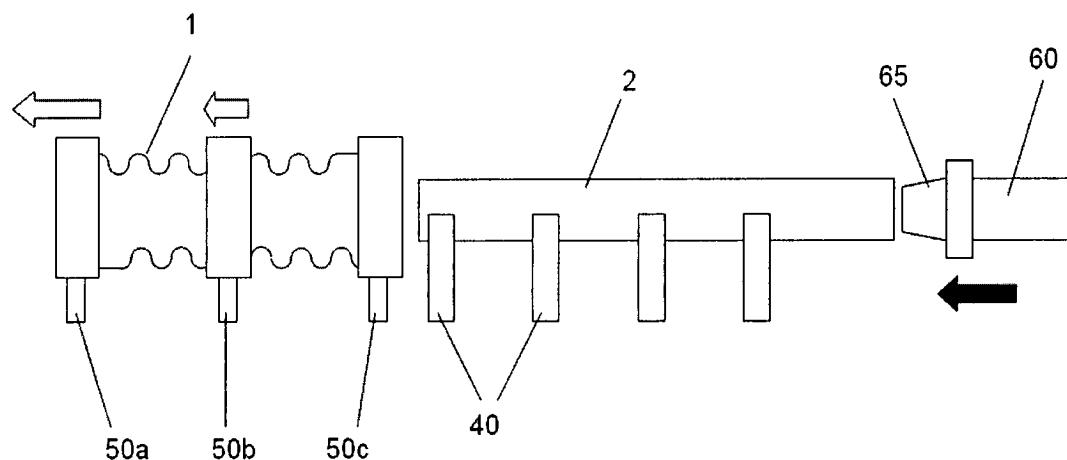
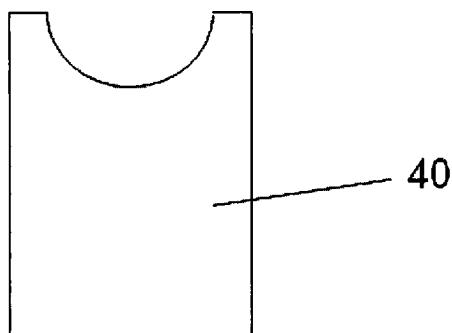
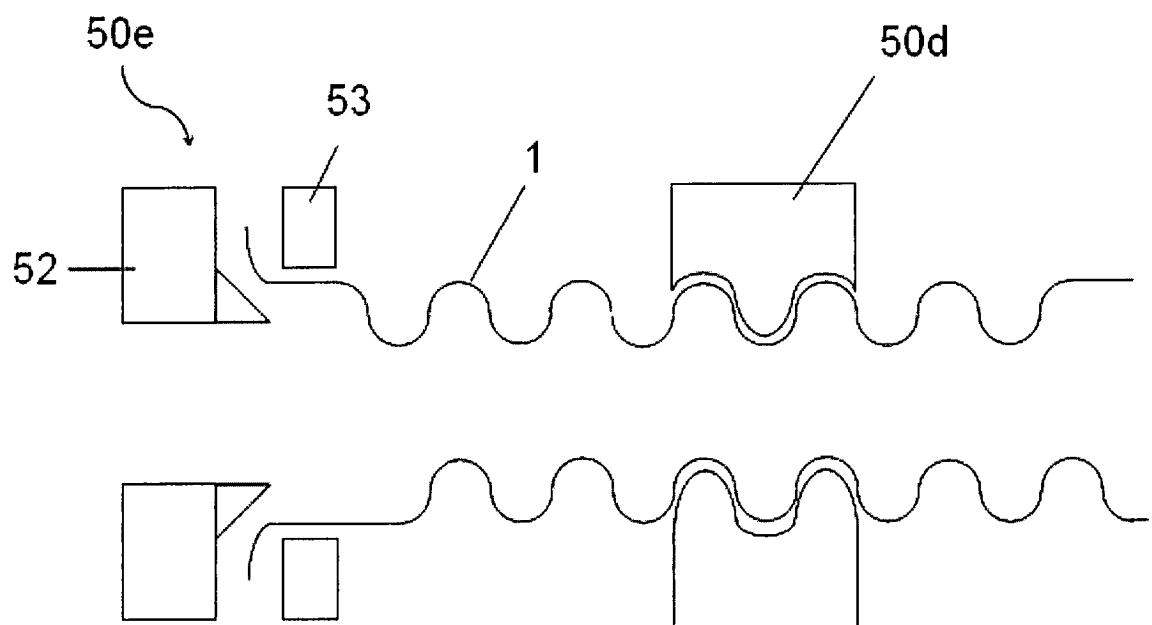


Fig. 6a

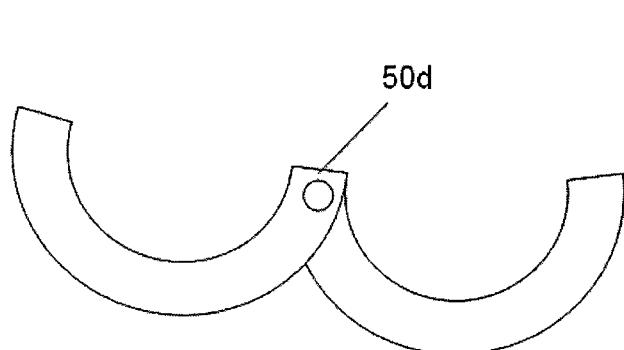


**Fig. 6b**



**Fig. 6c**

(I)



(II)

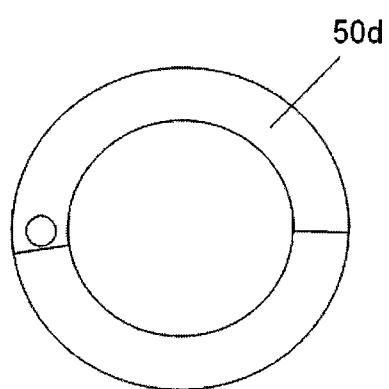


Fig. 6d

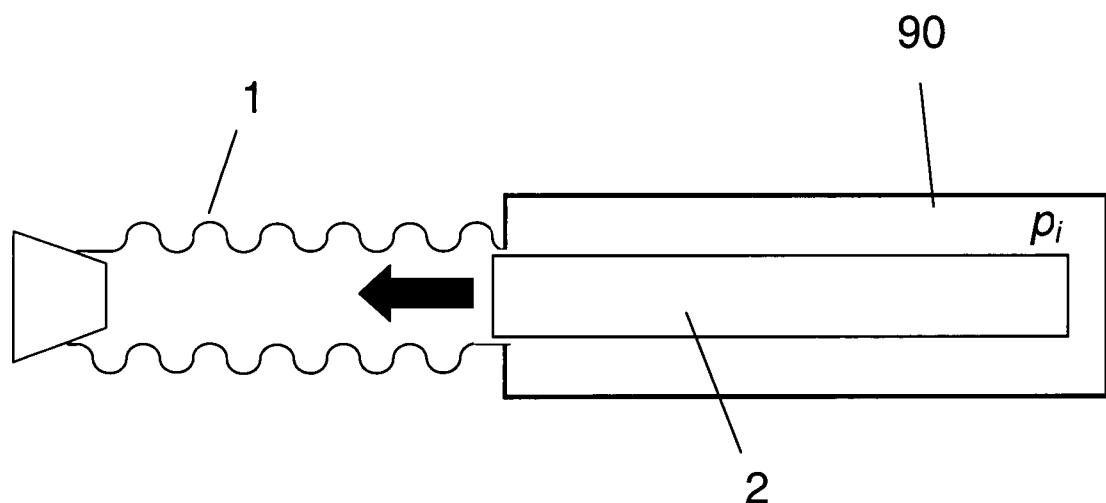


Fig 7