



(10) **DE 11 2013 005 798 T5** 2015.11.26

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/088430**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2013 005 798.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/NZ2013/000222**
(86) PCT-Anmeldetag: **04.12.2013**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.06.2014**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **26.11.2015**

(51) Int Cl.: **A61M 16/08** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

61/733,359	04.12.2012	US
61/733,360	04.12.2012	US
61/877,622	13.09.2013	US
61/877,566	13.09.2013	US
61/877,784	13.09.2013	US
61/877,736	13.09.2013	US

(71) Anmelder:

Al-Tiay, Ibrahim, East Tamaki, Auckland, NZ;
Amadio, Christopher Jaye Norman, East Tamaki,
Auckland, NZ; Barker, Dean Antony, East Tamaki,
Auckland, NZ; Buswell, Matthew Liam, East
Tamaki, Auckland, NZ; d'Andrea, Dominique
Richard, East Tamaki, Auckland, NZ; Dover,
Grant Martin, East Tamaki, Auckland, NZ; Fisher
& Paykel Healthcare Limited, East Tamaki,
Auckland, NZ; Harwood, Jonathan David, East
Tamaki, Auckland, NZ; McCauley, David Leon,
East Tamaki, Auckland, NZ; Millar, Gavin Walsh,
East Tamaki, Auckland, NZ; Munkelt, Katja,
East Tamaki, Auckland, NZ; North, Charles
Christopher, East Tamaki, Auckland, NZ;
Oosthuysen, Helgard, East Tamaki, Auckland,
NZ; Patel, Sanjay, East Tamaki, Auckland, NZ;
Stoks, Elmo Benson, East Tamaki, Auckland,
NZ; Stroobant, Josh, East Tamaki, Auckland,

NZ; Sujau, Mahran Maumoon, East Tamaki,
Auckland, NZ; Van Schalkwyk, Andre, East
Tamaki, Auckland, NZ; Wilson, Matthew Robert,
East Tamaki, Auckland, NZ

(74) Vertreter:

Wagner & Geyer Partnerschaft mbB Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München, DE

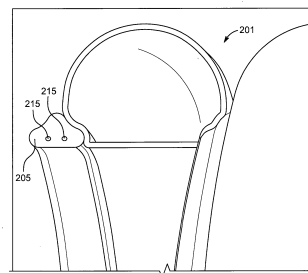
(72) Erfinder:

Stoks, Elmo Benson, East Tamaki, Auckland,
NZ; North, Charles Christopher, East Tamaki,
Auckland, NZ; Stroobant, Josh, East Tamaki,
Auckland, NZ; Buswell, Matthew Liam, East
Tamaki, Auckland, NZ; Al-Tiay, Ibrahim, East
Tamaki, Auckland, NZ; Van Schalkwyk, Andre,
East Tamaki, Auckland, NZ; Munkelt, Katja, East
Tamaki, Auckland, NZ; Wilson, Matthew Robert,
East Tamaki, Auckland, NZ; Oosthuysen, Helgard,
East Tamaki, Auckland, NZ; Patel, Sanjay, East
Tamaki, Auckland, NZ; d'Andrea, Dominique
Richard, East Tamaki, Auckland, NZ; Sujau,
Mahran Maumoon, East Tamaki, Auckland, NZ;
Millar, Gavin Walsh, East Tamaki, Auckland, NZ;
McCauley, David Leon, East Tamaki, Auckland,
NZ; Dover, Grant Martin, East Tamaki, Auckland,
NZ; Barker, Dean Antony, East Tamaki, Auckland,
NZ; Harwood, Jonathan David, East Tamaki,
Auckland, NZ

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Medizinischer Schlauch und Herstellungsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Offenbarung bezieht sich auf medizinische Schläuche und Verfahren zur Herstellung medizinischer Schläuche. Der Schlauch kann ein Verbundschlauch sein, der aus zwei oder mehr unterschiedlichen Komponenten besteht, die spiralförmig gewickelt sind, um einen langgestreckten Schlauch zu bilden. Beispielsweise kann eine der Komponenten ein spiralförmig gewickelter Hohlkörper sein, und die andere Komponente kann eine langgestreckte Strukturkomponente sein, die ebenfalls spiralförmig zwischen den Windungen des Hohlkörpers gewickelt ist. Der Schlauch muss jedoch nicht ...



Beschreibung**EINBINDUNG DURCH BEZUGNAHME**

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität unter 35 U.S.C. §119(e) der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/733,359 betitelt MEDICAL TUBES AND METHODS OF MANUFACTURE, eingereicht am 4. Dezember 2012; der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/733,360, betitelt MEDICAL TUBES AND METHODS OF MANUFACTURE, eingereicht am 4. Dezember 2012; der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/877,622, betitelt MEDICAL TUBES AND METHODS OF MANUFACTURE, eingereicht am 13. September 2013; der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/877,566, betitelt HUMIDIFICATION SYSTEM, eingereicht am 13. September 2013; der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/877,784, betitelt CONNECTIONS FOR HUMIDIFICATION SYSTEM, eingereicht am 13. September 2013; und der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/877,736, betitelt ZONE HEATING FOR RESPIRATORY CIRCUITS, eingereicht am 13. September 2013, die sämtliche hierin in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme enthalten sind.

[0002] Zusätzlich ist hierin auch die PCT-Anmeldung Nr. PCT/IB2012/001786, betitelt MEDICAL TUBES AND METHODS OF MANUFACTURE, eingereicht am 30. Mai 2012, durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit enthalten.

HINTERGRUND**Gebiet**

[0003] Diese Offenbarung bezieht sich im Allgemeinen auf Schläuche zur medizinischen Verwendung und insbesondere auf Schläuche für die Verwendung in medizinischen Kreisläufen, die ausgelegt sind, um Gase vorzusehen und/oder um Gase von einem Patienten abzuführen, wie bei Überdruckbeatmungs- bzw. Positive-Airway-Pressure-(PAP), Beatmungs-, Anästhesie-, Lüftungs- und Insufflations- bzw. Einblassystemen.

Beschreibung der verwandten Technik

[0004] In medizinischen Kreisläufen transportieren verschiedene Komponenten warme und/oder befeuchtete Gase zu einem Patienten oder von diesem weg. Beispielsweise werden in einigen Beatmungskreisläufen, wie beispielsweise PAP oder Atmungsunterstützungskreisläufen, Gase, die von einem Patienten eingeatmet werden, von einer Erwärmungs-Anfeucht-Vorrichtung durch einen Inspirationsschlauch geliefert. Als ein weiteres Beispiel können Schläuche befeuchtetes Gas (herkömmlicher Weise CO₂) in die Bauchhöhle in Insufflationskreisläufen liefern. Dies kann dabei helfen, ein „Austrocknen“ der inneren Organe eines Patienten zu verhindern und kann die Zeit verkürzen, die für die Erholung von einer Operation erforderlich ist. Unbeheiztes Schlauchmaterial ermöglicht einen Wärmeverlust aufgrund von Umgebungsabkühlung. Diese Abkühlung kann zu einer ungewollten Kondensation oder „Ausregnung“ (Rainout) entlang der Länge des Schlauchmaterials führen, das die warme, befeuchtete Luft transportiert. Es besteht weiterhin der Bedarf für ein Schlauchmaterial, das gegen den Wärmeverlust isoliert, und beispielsweise eine verbesserte Temperatur- und/oder Feuchtigkeitssteuerung in medizinischen Kreisläufen ermöglicht. Demgemäß ist es ein Ziel der Erfindung einen oder mehrere der Nachteile des Standes der Technik zu überwinden oder abzumildern oder zumindest die Öffentlichkeit mit einer nützlichen Auswahlmöglichkeit zu beliefern.

ZUSAMMENFASSUNG

[0005] Medizinische Schläuche und Verfahren zur Herstellung medizinischer Schläuche sind hierin in verschiedenen Ausführungsbeispielen offenbart. In einigen Ausführungsbeispielen kann das Rohr bzw. der Schlauch einen Verbundaufbau bestehend aus zwei oder mehr unterschiedlichen Komponenten sein, die spiralförmig gewickelt sind, um einen langgestreckten Schlauch zu bilden. Beispielsweise kann eine der Komponenten ein spiralförmig gewickelter, langgestreckter Hohlkörper sein, und die andere Komponente kann eine langgestreckte Strukturkomponente sein, die ebenfalls spiralförmig zwischen den Windungen des spiralförmig gewickelten Hohlkörpers gewickelt ist. In anderen Ausführungsbeispielen muss der Schlauch nicht aus unterschiedlichen Komponenten bestehen. Beispielsweise kann ein langgestreckter Hohlkörper, der aus einem einzigen Material geformt (z. B. extrudiert) ist, spiralförmig gewickelt sein, um einen langgestreckten Schlauch zu bilden. Der langgestreckte Hohlkörper selbst kann in einem Transversalquerschnitt einen dünnen Wandteil besitzen und einen relativ dickeren oder festeren Verstärkungsteil. Der Schlauch kann in einer Vielzahl von medizinischen Kreisläufen eingebaut sein oder kann für andere medizinische Verwendungen eingesetzt werden.

[0006] In zumindest einem Ausführungsbeispiel kann ein Verbundschlauch ein erstes langgestrecktes Glied aufweisen, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest in einem Teil einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand, die das Lumen umgibt, zu bilden. Ein zweites langgestrecktes Glied kann spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden sein, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet. Der Ausdruck „erstes langgestrecktes Glied“ und „zweites langgestrecktes Glied“ bezeichnen nicht notwendigerweise eine Reihenfolge, wie beispielsweise eine Reihenfolge in der die Komponenten angeordnet sind. Wie hierin beschrieben, können das erste langgestreckte Glied und das zweite langgestreckte Glied ebenfalls Teile eines einzelnen schlauchförmigen Elements sein.

[0007] In verschiedenen Ausführungsbeispielen besitzen die vorangehenden Komponenten eine, einige oder sämtliche der folgenden Eigenschaften, sowie Eigenschaften, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind.

[0008] Das erste langgestreckte Glied kann ein Schlauch sein. Das erste langgestreckte Glied kann im Längsquerschnitt eine Vielzahl von Blasen mit einer abgeflachten Oberfläche bei dem Lumen bilden. Benachbarte Blasen können durch einen Spalt über dem zweiten langgestreckten Glied getrennt sein oder können nicht direkt miteinander verbunden sein. Die Blasen können Perforationen aufweisen. Das zweite langgestreckte Glied kann einen Längsquerschnitt besitzen, der breiter dicht an dem Lumen und schmaler bei einer radialen Entfernung von dem Lumen ist. Insbesondere kann das zweite langgestreckte Glied einen Längsquerschnitt besitzen, der im Allgemeinen dreieckig, im Allgemeinen T-förmig oder im Allgemeinen Y-förmig ist. Eine oder mehrere leitende Fasern bzw. Fäden können in dem zweiten langgestreckten Glied eingebettet oder eingekapselt sein. Die eine oder mehreren leitenden Fasern können Heizfäden (oder insbesondere Widerstandsheizfäden) und/oder Abtast- bzw. Abfühlfäden sein. Der Schlauch kann Paare von leitenden Fasern, wie beispielsweise zwei oder vier leitende Fasern, aufweisen. Die Paare der leitenden Fasern können in eine Verbindungsschleife an einem Ende des Verbundschlauchs geformt sein. Der eine oder die mehreren leitenden Fasern können von der Lumenwand beabstandet sein. In zumindest einem Ausführungsbeispiel kann das zweite langgestreckte Glied einen Längsquerschnitt aufweisen, der im Allgemeinen dreieckig, im Allgemeinen T-förmig oder im Allgemeinen Y-förmig ist, und einer oder mehrere der leitenden Fasern kann in das zweite langgestreckte Glied eingebettet oder eingekapselt sein, und zwar auf gegenüberliegenden Seiten des Dreiecks, der T-Form oder der Y-Form.

[0009] Die vorangehende Komponente gemäß einem oder sämtlichen der vorangehenden Ausführungsbeispiele kann in eine Komponente eines medizinischen Kreislaufs, einen Inspirationsschlauch, einen Expirationsschlauch, eine PAP-Komponente, einen Insufflationskreislauf, eine Untersuchungskomponente oder eine chirurgische Komponente unter anderen Anwendungen eingebaut werden.

[0010] Ein Herstellungsverfahren eines Verbundschlauchs ist ebenfalls offenbart. Der resultierende Schlauch kann eine, mehrere oder sämtliche der Eigenschaften aufweisen, die oben oder irgendwo in dieser Offenbarung beschrieben sind. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist das Verfahren das Vorsehen eines ersten langgestreckten Glieds, das einen Hohlkörper aufweist, und eines zweiten langgestreckten Glieds auf, das ausgelegt ist, um eine strukturelle Unterstützung für das erste langgestreckte Glied vorzusehen. Das zweite langgestreckte Glied ist spiralförmig um einen Dorn gewickelt, wobei Kantenteile gegenüberliegender Seiten des zweiten langgestreckten Glieds auf benachbarten Wicklungen mit Abstand zueinander angeordnet sind, wodurch eine Spirale des zweiten langgestreckten Glieds gebildet wird. Das erste langgestreckte Glied ist spiralförmig um die Spirale des zweiten langgestreckten Glieds gewickelt, so dass Teile des ersten langgestreckten Glieds benachbarte Wicklungen der Spirale des zweiten langgestreckten Glieds überlappen und ein Teil des ersten langgestreckten Glieds benachbart zu dem Dorn in dem Raum zwischen den Wicklungen der Spirale des zweiten langgestreckten Glieds angeordnet ist, wodurch eine Spirale des ersten langgestreckten Glieds gebildet wird.

[0011] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das vorangehende Verfahren einen, einige oder mehrere der folgenden Aspekte aufweisen. Das Verfahren kann das Liefern von Luft mit einem Druck aufweisen, der größer als der atmosphärische Druck ist, und zwar zu einem Ende des ersten langgestreckten Glieds. Das Verfahren kann das Kühlen der Spirale des zweiten langgestreckten Glieds und der spirale des ersten langgestreckten Glieds aufweisen, wodurch ein Verbundschlauch mit einem Lumen gebildet wird, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und einem Hohlraum, der das Lumen umgibt. Das Verfahren kann das Bilden des ersten langgestreckten Glieds aufweisen. Das Verfahren kann das Extrudieren des ersten langgestreckten Glieds mit einer ersten Extrudereinheit aufweisen. Das Verfahren kann das Bilden des zweiten langgestreckten Glieds

aufweisen. Das Verfahren kann das Extrudieren des zweiten langgestreckten Glieds mit einer zweiten Extrudereinheit aufweisen. Die zweite Extrudereinheit kann ausgelegt sein, um eine oder mehrere leitende Fasern in dem zweiten langgestreckten Glied einzukapseln. Das Bilden des zweiten langgestreckten Glieds kann das Einbetten der leitenden Fasern in dem zweiten langgestreckten Glied aufweisen. Die leitenden Fasern können ohne Rückwirkung auf das zweite langgestreckte Glied sein. Die leitenden Fasern können Legierungen aus Aluminium oder Kupfer oder anderen leitenden Materialien aufweisen. Das Verfahren kann das Bilden von Paaren von leitenden Fasern in eine Verbindungsschleufe an einem Ende des Verbundschlauchs aufweisen. Die erste Extrudereinheit kann sich von der zweiten Extrudereinheit unterscheiden.

[0012] Ein medizinischer Schlauch ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist der Schlauch einen langgestreckten Hohlkörper auf, der spiralförmig gewickelt ist, um einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, einem Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und einer hohlen Wand, die das Lumen umgibt, zu bilden, wobei der langgestreckte Hohlkörper in einem Transversalquerschnitt eine Wand aufweist, die zumindest einen Teil des Hohlkörpers definiert. Der Schlauch kann ferner einen Verstärkungsteil aufweisen, der sich entlang einer Länge des langgestreckten Hohlkörpers erstreckt, der spiralförmig zwischen benachbarten Wicklungen des langgestreckten Hohlkörpers positioniert ist, wobei der Verstärkungsteil einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet. Der Verstärkungsteil kann relativ dicker oder relativ steifer als die Wand des langgestreckten Hohlkörpers sein.

[0013] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist der vorangehende Schlauch eine, mehrere oder sämtliche der vorangehenden Eigenschaften auf, ebenso wie Eigenschaften, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Der Verstärkungsteil kann aus dem gleichen Material wie der langgestreckte Hohlkörper gebildet sein. Der langgestreckte Hohlkörper kann im Transversalquerschnitt zwei Verstärkungsteile an gegenüberliegenden Seiten des langgestreckten Hohlkörpers aufweisen, wobei spiralförmige Wicklungen des langgestreckten Hohlkörpers benachbarte Verstärkungsteile miteinander verbinden, so dass sich gegenüberliegende Kanten der Verstärkungsteile auf benachbarten Windungen des langgestreckten Hohlkörpers berühren. Gegenüberliegende Seitenkanten der Verstärkungsteile können sich auf benachbarten Windungen des langgestreckten Hohlkörpers überlappen. Der Verstärkungsteil kann aus einem separaten bzw. anderen Material als der langgestreckte Hohlkörper bestehen. Der Hohlkörper kann im Längsquerschnitt eine Vielzahl von Blasen mit einer abgeflachten Oberfläche bei dem Lumen bilden. Die Blasen können Perforationen aufweisen. Der medizinische Schlauch kann ebenfalls eine oder mehrere leitende Fasern aufweisen, die innerhalb des Verstärkungsteils eingebettet oder eingekapselt sind. Die leitenden Fasern können Heizfäden und/oder Abfühlfäden sein. Der medizinische Schlauch kann zwei leitende Fasern aufweisen, wobei eine leitende Faser in jeden der Verstärkungsteile eingebettet oder eingekapselt ist. Der medizinische Schlauch kann zwei leitende Fasern aufweisen, die auf nur einer Seite des langgestreckten Hohlkörpers positioniert sind. Paare von leitenden Fasern können in eine Verbindungsschleufe an einem Ende des langgestreckten Schlauchs gebildet sein. Die eine oder die mehreren Fasern können von der Lumenwand beabstandet sein.

[0014] Der vorangehende Schlauch gemäß einem oder sämtlichen der vorangehenden Ausführungsbeispiele kann in eine Komponente eines medizinischen Kreislaufs, einen Inspirationsschlauch, einen Expirationsschlauch, eine PAP-Komponente, einen Insufflationskreislauf, eine Untersuchungskomponente oder eine chirurgische Komponente unter anderen Anwendungen eingebaut werden.

[0015] Ein Verfahren zur Herstellung eines medizinischen Schlauchs ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist das Verfahren das spiralförmige Wickeln eines langgestreckten Hohlkörpers um einen Dorn auf, um einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand, die das Lumen umgibt, zu bilden, wobei der langgestreckte Hohlkörper im Transversalquerschnitt eine Wand aufweist, die zumindest einen Teil des Hohlkörpers definiert, sowie zwei Verstärkungsteile an gegenüberliegenden Seiten des langgestreckten Körpers, die einen Teil der Wand des Lumens bilden, wobei die zwei Verstärkungsteile relativ dicker oder steifer als die Wand sind, die zumindest einen Teil des Hohlkörpers definiert. Das Verfahren kann ferner das Verbinden benachbarter Verstärkungsteile miteinander aufweisen, so dass sich die gegenüberliegenden Kanten der Verstärkungsteile auf benachbarten Windungen des langgestreckten Hohlkörpers berühren.

[0016] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist das vorangehende Verfahren eine, mehrere oder sämtliche der vorangehenden Eigenschaften auf, ebenso wie Eigenschaften, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Das Verbinden benachbarter Verstärkungsteile miteinander kann bewirken, dass sich Kanten der Verstärkungsteile überlappen. Das Verfahren kann ferner das Liefern von Luft mit einem Druck aufweisen, der größer als der atmosphärische Druck ist, und zwar an ein Ende des langgestreckten Hohlkörpers. Das Verfahren kann ferner das Kühlen des langgestreckten Hohlkörpers zum Verbinden der benachbar-

ten Verstärkungsteile miteinander aufweisen. Das Verfahren kann ferner das Extrudieren des langgestreckten Hohlkörpers aufweisen. Das Verfahren kann ferner das Einbetten der leitenden Fasern in den Verstärkungsteilen aufweisen. Das Verfahren kann ferner das Formen von Paaren leitender Fasern in eine Verbindungsschleife an einem Ende des langgestreckten Schlauchs aufweisen.

[0017] Ein Beatmungsschlauch ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist der Schlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand zu bilden, die das Lumen umgibt, wobei die Wand einen inneren Teil dicht an dem Lumen aufweist, sowie einen äußeren Teil, der weg von dem Lumen weist, wobei der innere Teil der Wand eine kleinere Dicke als der äußere Teil der Wand aufweist.

[0018] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist der vorangehende Beatmungsschlauch eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften auf, ebenso wie Eigenschaften, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Der Beatmungsschlauch kann ferner ein zweites langgestrecktes Glied aufweisen, das spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet. Die Dicke des äußeren Teils der Wand kann in einem Bereich von ungefähr 0,14 mm bis ungefähr 0,44 mm liegen. Die Dicke des äußeren Teils der Wand kann ungefähr 0,24 mm betragen. Die Dicke des inneren Teils der Wand kann im Bereich von ungefähr 0,05 mm und ungefähr 0,30 mm liegen. Die Dicke des inneren Teils der Wand kann ungefähr 0,10 mm betragen.

[0019] Ein Beatmungsschlauch ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist der Schlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand, die das Lumen umgibt, zu bilden, wobei der Hohlkörper im Längsquerschnitt eine Vielzahl von Blasen bildet, wobei eine Blase eine maximale Breite entlang der Längsachse und eine maximale Höhe senkrecht zu der Längsachse zwischen dem nach außen weisenden Scheitel der Wand und dem Lumen aufweist, wobei das Verhältnis der maximalen Höhe zur maximalen Breite mindestens ungefähr 0,16 beträgt.

[0020] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der vorangehende Beatmungsschlauch eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften oder irgendwelche anderen Eigenschaften aufweisen, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Der Beatmungsschlauch kann ferner ein zweites langgestrecktes Glied aufweisen, das spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet. Die maximale Höhe kann in einem Bereich von ungefähr 1,2 mm bis ungefähr 8,2 mm liegen. Die maximale Höhe kann ungefähr 3,2 mm betragen. Die maximale Breite kann in dem Bereich von ungefähr 3,5 mm bis ungefähr 7,5 mm liegen. Die maximale Breite kann ungefähr 5,5 mm betragen. Das Verhältnis der maximalen Höhe zur maximalen Breite kann größer als 1,0 sein.

[0021] Ein Beatmungsschlauch ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist der Schlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand zu bilden, die das Lumen umgibt, wobei der Hohlkörper im Längsquerschnitt eine Vielzahl von Blasen bildet, wobei eine vertikale Entfernung zwischen entsprechenden Punkten auf den benachbarten Blasen einen Teilungsabstand definieren, wobei das Verhältnis des Teilungsabstands zum maximalen Außendurchmesser des Verbundschlauchs weniger als ungefähr 0,35 beträgt.

[0022] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der vorangehende Beatmungsschlauch eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften oder andere Eigenschaften aufweisen, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Der Beatmungsschlauch kann ferner ein zweites langgestrecktes Glied aufweisen, das spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet. Der Teilungsabstand kann im Bereich von ungefähr 1,2 mm bis ungefähr 8,1 mm liegen. Der Teilungsabstand kann ungefähr 5,1 mm betragen. Der maximale Außendurchmesser kann in dem Bereich von ungefähr 19,5 mm und 25,5 mm liegen. Der maximale Außendurchmesser kann ungefähr 22,5 mm betragen.

[0023] Ein Verbundschlauch ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist der Schlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand zu bilden, die das Lumen umgibt, wobei der Hohlkörper im Längsquerschnitt eine Vielzahl von Blasen bildet, wobei eine Blase eine maximale Höhe senkrecht zu der Längsachse zwischen dem nach außen weisenden Scheitel der Wand und dem Lumen hat, die die maximale Höhe des ersten langgestreckten Glieds definiert; sowie ein zweites langgestrecktes Glied, das spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet, wobei das zweite langgestreckte Glied eine maximale Höhe senkrecht zu der Längsachse zwischen dem nach außen weisenden Scheitel des zweiten langgestreckten Glieds und dem Lumen aufweist, wobei das Verhältnis der Differenz zwischen der maximalen Höhe des ersten langgestreckten Glieds und der maximalen Höhe des zweiten langgestreckten Glieds zum maximalen Außendurchmesser des Verbundschlauchs weniger als 0,049:1 beträgt.

[0024] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der vorangehende Verbundschlauch eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften oder irgendwelche anderen Eigenschaften aufweisen, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Die Wand kann einen inneren Teil dicht an dem Lumen aufweisen sowie einen äußeren Teil, der von dem Lumen weg weist, und der innere Teil der Wand weist eine kleinere Dicke als der äußere Teil der Wand auf.

[0025] Ein Verbundschlauch ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist der Schlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, einem Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand zu bilden, die das Lumen umgibt, wobei die Wand einen inneren Teil dicht an dem Lumen und einen äußeren Teil aufweist, der von dem Lumen weg weist; sowie ein zweites langgestrecktes Glied, das spiralförmig zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds gewickelt ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet und das erste langgestreckte Glied an Verbindungspunkten auf benachbarten Windungen des zweiten langgestreckten Glieds verbunden ist; wobei der Biegeradius des Verbundschlauchs durch die Länge des äußeren Teils zwischen den Verbindungspunkten begrenzt ist.

[0026] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der vorangehende Verbundschlauch eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften oder irgendwelche anderen Eigenschaften aufweisen, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Die Wand weist einen inneren Teil dicht an dem Lumen und einen äußeren Teil auf, der von dem Lumen weg weist, und der innere Teil der Wand weist eine kleinere Dicke als der äußere Teil der Wand auf.

[0027] Ein Beatmungsschlauch ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist der Schlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das eine Hohlkörperkomponente aufweist, wobei das Gewicht pro Länge des Schlauchs innerhalb zumindest eines Teils der 300 mm am nächsten an dem Ende des Schlauchs geringer als ungefähr 0,08 g/mm ist.

[0028] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der vorangehende Beatmungsschlauch eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften aufweisen oder irgendwelche anderen Eigenschaften, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Das erste langgestreckte Glied kann einen Hohlkörper aufweisen, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt und eine hohle Wand aufweisen, die das Lumen umgibt. Der Beatmungsschlauch kann ferner ein zweites langgestrecktes Glied aufweisen, das spiralförmig gewickelt ist und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet. Der Beatmungsschlauch kann eine oder mehrere leitende Fasern aufweisen, die innerhalb des zweiten langgestreckten Glieds eingebettet oder eingekapselt sind. Zumindest eine der einen oder mehreren leitenden Fasern kann ein Heizfaden sein. Zumindest eine der einen oder mehreren leitenden Fasern kann ein Abtastfaden sein. Die Schlauchmasse in den 300 mm am dichtesten an dem Ende des Schlauchs kann weniger als ungefähr 24 g betragen. Das Gewicht pro Länge des Schlauchs innerhalb zumindest eines Teils der 300 mm, die am dichtesten am Ende des Schlauchs sind, kann weniger als ungefähr 0,06 g/mm betragen. Die Schlauchmasse in den 300 mm, die am dichtesten an dem Ende des Schlauchs sind, kann weniger als ungefähr 16 g betragen. Die Dicke der Wand kann höchstens ungefähr 0,50 mm betragen.

[0029] Ein Beatmungsschlauch ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist der Schlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand zu bilden, die das Lumen umgibt, wobei die Wand einen inneren Teil dicht an dem Lumen aufweist und einen äußeren Teil, der weg von dem Lumen weist, wobei in zumindest einem Teil des Verbundschlauchs, wenn eine Kraft an den äußeren Teil der Wand mit einer 2,5-mm-Sonde bzw. einem 2,5-mm-Fühler angelegt wird, bis der äußere Teil der Wand den inneren Teil kontaktiert, der äußere Teil um eine vertikale Entfernung abgelenkt wird, die die folgende Beziehung erfüllt: $D > 0,5 \times F_{2,5}$, wobei D die vertikale Entfernung in Millimetern repräsentiert und $F_{2,5}$ die Kraft in Newton repräsentiert, die durch den 2,5-mm-Fühler angelegt wird.

[0030] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der vorangehende Beatmungsschlauch eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften aufweisen oder irgendwelche anderen Eigenschaften, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben werden. Der Beatmungsschlauch kann ferner ein zweites langgestrecktes Glied aufweisen, das spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet. Der äußere Teil kann um mehr als ungefähr 1 mm abgelenkt werden, wenn eine Kraft von ungefähr 1 N mit dem 2,5-mm-Fühler angelegt wird.

[0031] Eine Leitung, die geeignet ist für die Verwendung mit einem Schlauch zur Lieferung von befeuchteten Gasen zu einem Patienten ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist die Leitung ein Verbindungsstück auf, das so konfiguriert ist, dass es mit dem Schlauch verbunden wird, wobei das Verbindungsstück ein Lumen aufweist, das sich entlang einer Längsachse erstreckt und Wende, die das Lumen umgeben, wobei das Lumen im Gebrauch einen Strömungspfad für die befeuchteten Gase definiert; sowie eine Leiterplatten bzw. PCB-Anordnung, die eine Leiterplatte aufweist und ferner einen Unterteilungsteil, der in die Wände des Verbindungsstücks eingebettet ist und sich über das Lumen des Verbindungsstücks hinweg entlang eines Durchmessers oder einer Profillinie erstreckt, so dass der Unterteilungsteil im Allgemeinen zumindest einen Teil des Strömungspfads halbiert, wobei zumindest ein Teil des Unterteilungsteils durch einen Überspritzungsaufbau überspritzt ist, einen Verkabelungsteil benachbart zu dem Unterteilungsteil und der von der Wand des Verbindungsstücks in einer Richtung weg von dem Lumen des Verbindungsstücks nach außen vorragt, und einen Sensorteil aufweist, der in dem Lumen des Verbindungsstücks angeordnet ist und von dem Unterteilungsteil entlang der Längsachse vorragt, wobei der Sensorteil zumindest einen Sensor aufweist und der Sensorteil durch den Überspritzungsaufbau überspritzt ist.

[0032] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die vorangehende Leitung eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften oder irgendwelche anderen Eigenschaften aufweisen, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Die Leiterplattenanordnung kann ferner einen Unterstützungsteil benachbart zu dem Unterteilungsteil aufweisen und der von dem Verbindungsstück in einer Richtung weg von dem Lumen und in einer Richtung gegenüberliegend dem Verkabelungsteil nach außen vorragt. Der Verkabelungsteil kann so konfiguriert sein, dass er elektrisch mit einer oder mehreren Heizdrähten von der Leitung verbunden ist. Der zumindest eine Sensor kann einen Thermistor aufweisen. Der Sensorteil kann stromaufwärts des Strömungspfads vorragen. Der zumindest eine Sensor kann einen Sensor benachbart einer stromabwärtigen Führungskante des Sensorteils aufweisen. Der Überspritzungsaufbau nahe dem Sensorteil kann eine verjüngte Form besitzen, die sich entlang der Längsachse erstreckt. Das Überspritzen kann am dünnsten dicht an einer Führungskante des Sensorteils sein. Der Sensorteil kann eine Tragflügelform besitzen, die sich entlang der Längsachse erstreckt. Der Sensorteil kann eine Geschoss- oder Torpedoform aufweisen.

[0033] Eine Beatmungsleitung ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist die Leitung ein Lumen, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, und eine Wand auf, die das Lumen umgibt, wobei das Lumen einen Gasströmungspfad im Gebrauch definiert; sowie eine überspritzte Leiterplattenanordnung, die an der Wand befestigt ist, wobei die Leiterplattenanordnung eine Leiterplatte aufweist und ferner einen Anbringungsteil aufweist, der in dem Lumen des Verbindungsstücks angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, sowie einen Temperatursensor auf einer Oberfläche des Anbringungsteils.

[0034] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die vorangehende Leitung eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften aufweisen oder irgendwelche anderen Eigenschaften, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Der Temperatursensor kann ein Thermistor sein.

[0035] Eine Beatmungsleitung ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist die Leitung ein Lumen auf, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, sowie Wände, die das Lumen umgeben,

wobei das Lumen einen Gasströmungspfad im Gebrauch definiert; sowie eine Komponente, die an den Wänden befestigt ist, und sich über das Lumen hinweg entlang eines Durchmessers oder einer Profillinie erstreckt, so dass die Komponente zumindest einen Teil des Strömungspfads im Allgemeinen halbiert, wobei die Komponente einen Anbringungsteil, der in dem Lumen angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, einen Temperatursensor auf einer Oberfläche des Anbringungsteils, und ein elektrisches Verbindungsstück mit dem Sensor aufweist.

[0036] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die vorangehende Leitung eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften oder irgendwelche anderen Eigenschaften aufweisen, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Der Temperatursensor kann ein Thermistor sein. Die Komponente kann eine Leiterplatte sein. Die elektrische Verbindung kann die Länge der Komponente entlang des Durchmessers oder der Profillinie umspannen.

[0037] Eine Beatmungsleitung ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel kann die Leitung ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt und eine Wand aufweisen, die das Lumen umgibt, wobei das Lumen einen Gasströmungspfad im Gebrauch definiert; sowie eine überspritzte Leiterplattenanordnung, die an der Wand befestigt ist, wobei die Leiterplattenanordnung eine Leiterplatte aufweist und ferner einen Anbringungsteil aufweist, der in dem Lumen angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, sowie einen Temperatursensor auf einer Oberfläche des Anbringungsteils, wobei die Überspritzung dicht an dem Anbringungsteil eine verjüngte Form besitzt.

[0038] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die vorangehende Leitung eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften oder irgendwelche anderen Eigenschaften aufweisen, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Der Temperatursensor kann ein Thermistor sein.

[0039] Eine Beatmungsleitung ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel kann die Leitung ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt und eine Wand aufweisen, die das Lumen umgibt, wobei das Lumen einen Gasströmungspfad im Gebrauch definiert; sowie eine Komponente, die mit der Wand verbunden ist und einen Anbringungsteil aufweist, der in dem Lumen angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, wobei der Anbringungsteil einen Temperatursensor aufweist, der in Längsrichtung vorgelagert zu der Verbindung mit der Wand positioniert ist.

[0040] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die vorangehende Beatmungsleitung eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften oder irgendwelche Eigenschaften aufweisen, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Der Temperatursensor kann ein Thermistor sein. Der Temperatursensor kann sich nah an dem stromaufwärtigen bzw. vorgelagerten Extrem des Anbringungsteils befinden. Der Anbringungsteil kann überspritzt sein. Die Überspritzung kann am dünnsten nahe dem Temperatursensor sein. Die Anbringung kann in Längsrichtung stromabwärts bzw. nachgelagert vorragen. Die Anbringung kann eine Tragflügelform besitzen, die sich entlang der Längsachse erstreckt. Die Anbringung kann eine Geschoss- oder Torpedoform besitzen. Eine vertikale Enternung zwischen der Anbringung und der Wand kann zumindest 30% des Durchmessers des Lumens betragen.

[0041] Ein Beatmungsleitungssegment ist ebenfalls offenbart. In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist das Segment ein Lumen auf, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, sowie eine Wand, die das Lumen umgibt, wobei das Lumen einen Gasströmungspfad im Gebrauch definiert; und eine Leiterplattenanordnung, die eine Leiterplatte aufweist, sowie einen ersten Teil aufweist, der sich über das Lumen hinweg entlang eines Durchmessers oder einer Profillinie erstreckt; so dass ein Teil der Leiterplattenanordnung im Allgemeinen zumindest einen Teil des Strömungspfads halbiert, wobei der erste Teil durch einen Überspritzungsaufbau überspritzt ist, wobei ein zweiter Teil benachbart zu dem ersten Teil von der Wand in einer Richtung weg von dem Lumen vorragt, wobei der zweite Teil eine oder mehrere Verbindungspads- bzw. -elemente auf der Leiterplatte aufweist, die so konfiguriert sind, dass sie eine oder mehrere Drähte von einer ersten Anordnung aufnehmen, wobei ein dritter Teil benachbart zu dem ersten Teil von der Wand in einer Richtung weg von dem Lumen und in einer Richtung gegenüberliegend dem zweiten Teil vorragt, wobei der dritte Teil eines oder mehrere Verbindungselemente auf der Leiterplatte aufweist, die so konfiguriert sind, dass sie einen oder mehrere Drähte von einer zweiten Anordnung aufnehmen, die sich von der ersten Anordnung unterscheidet, und eine oder mehrere leitende Spuren auf der Leiterplatte elektrisch mit einem oder mehreren Verbindungselementen auf dem zweiten Teil und mit einem oder mehreren Verbindungselementen auf dem dritten Teil gekoppelt sind und so konfiguriert sind, dass sie eine elektrische Verbindung zwischen der ersten Anordnung und der zweiten Anordnung vorsehen.

[0042] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das vorangehende Segment eine, mehrere oder sämtliche der folgenden Eigenschaften oder irgendwelche anderen Eigenschaften aufweisen, die an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben sind. Die erste Anordnung kann ein Beatmungsschlauch sein. Die zweite Anordnung kann ein Beatmungsschlauch sein. Die Leiterplattenanordnung kann ferner einen Anbringungsteil aufweisen, der in dem Lumen des Verbindungsstücks angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, sowie einen Temperatursensor auf einer Oberfläche des Anbringungsteils.

[0043] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist ein Beatmungsschlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest in einem Teil einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohlen Wand, die das Lumen umgibt, zu bilden, wobei der Hohlkörper im Längsquerschnitt eine Vielzahl von Blasen bildet, wobei eine Blase eine maximale Breite entlang der Längsachse besitzt und eine maximale Höhe senkrecht zu der Längsachse zwischen dem nach außen weisenden Scheitel der Wand und dem Lumen besitzt, wobei das Verhältnis der maximalen Höhe zu der maximalen Breite mindestens ungefähr 0,16 beträgt. Ein zweites langgestrecktes Glied kann spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden sein, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet. Die maximale Höhe kann in dem Bereich von ungefähr 0,7 mm und ungefähr 7,7 mm liegen. Die maximale Höhe kann ungefähr 2,7 mm betragen. Die maximale Breite kann im Bereich von ungefähr 2,0 mm bis ungefähr 6,0 mm liegen. Die maximale Breite kann ungefähr 4,0 mm betragen. Die maximale Höhe zur maximalen Breite kann größer als 1,0 sein.

[0044] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist ein Beatmungsschlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest in einem Teil einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand zu bilden, die das Lumen umgibt, wobei der Hohlkörper im Längsquerschnitt eine Vielzahl von Blasen bildet, wobei eine vertikale Entfernung zwischen entsprechenden Punkten auf benachbarten Blasen einen Teilungsabstand definiert, wobei das Verhältnis des Teilungsabstands zum maximalen Außendurchmesser des Verbundschlauchs weniger als ungefähr 0,35 beträgt. Ein zweites langgestrecktes Glied kann spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden sein, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet. Der Teilungsabstand kann in dem Bereich von ungefähr 1,2 mm bis ungefähr 8,1 mm liegen. Der Teilungsabstand kann ungefähr 5,1 mm betragen. Der maximale Außendurchmesser kann in dem Bereich von ungefähr 19,5 mm bis 25,5 mm liegen. Der maximale Außendurchmesser kann ungefähr 22,5 mm betragen.

[0045] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist ein Verbundschlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt und eine hohle Wand zu bilden, die das Lumen umgibt, wobei der Hohlkörper im Längsquerschnitt eine Vielzahl von Blasen bildet, wobei eine Blase eine maximale Höhe senkrecht zu der Längsachse zwischen dem nach außen weisenden Scheitel der Wand und dem Lumen besitzt, die die maximale Höhe des ersten langgestreckten Glieds definiert; und sowie ein zweites langgestrecktes Glied, das spiralförmig gewickelt ist und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet, wobei das zweite langgestreckte Glied eine maximale Höhe senkrecht zu der Längsachse zwischen dem nach außen weisenden Scheitel des zweiten langgestreckten Glieds und dem Lumen besitzt, wobei das Verhältnis der Differenz zwischen der maximalen Höhe des ersten langgestreckten Glieds und der maximalen Höhe des zweiten langgestreckten Glieds zu dem maximalen Außendurchmesser des Verbundschlauchs weniger als ungefähr 0,049:1 beträgt. Die Wand kann einen inneren Teil nah an dem Lumen aufweisen, sowie einen äußeren Teil, der weg von dem Lumen weist, und der innere Teil der Wand kann eine kleinere Dicke als der äußere Teil der Wand aufweisen.

[0046] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist ein Verbundschlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand, die das Lumen umgibt, zu bilden, wobei die Wand einen inneren Teil nahe des Lumens und einen äußeren Teil, der weg von dem Lumen weist, aufweist; sowie ein zweites langgestrecktes Glied, das spiralförmig zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds gewickelt ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet und das erste langgestreckte Glied an Verbindungspunkten auf benachbarten Windungen des zweiten langgestreckten Glieds verbunden ist; wobei der Biegeradius des Verbundschlauchs durch die Länge des Außenteils zwischen den Verbindungspunkten begrenzt ist. Die Wand kann einen inneren Teil nah an dem Lumen besitzen, sowie einen

äußeren Teil, der weg von dem Lumen weist, und der innere Teil der Wand kann eine kleinere Dicke als der äußere Teil der Wand aufweisen.

[0047] In verschiedenen Ausführungsbeispielen ist eine Leitung vorgesehen, die geeignet für die Verwendung mit einem Schlauch zum Liefern von befeuchteten Gasen an einen Patienten ist, wobei die Leitung ein Verbindungsstück aufweist, das zur Verbindung mit dem Schlauch konfiguriert ist, wobei das Verbindungsstück ein Lumen aufweist, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, sowie Wände, die das Lumen umgeben, wobei das Lumen einen Strömungspfad für die befeuchteten Gase im Gebrauch definiert; sowie eine Leiterplattenanordnung, die eine Leiterplatte aufweist und ferner einen Unterteilungsteil aufweist, der in den Wänden des Verbindungsstücks eingebettet ist und sich über das Lumen des Verbindungsstücks hinweg entlang eines Durchmessers oder einer Profillinie erstreckt, so dass der Unterteilungsteil im Allgemeinen zumindest einen Teil des Strömungspfads halbiert, wobei zumindest ein Teil des Unterteilungsteils durch einen Überspritzungsaufbau überspritzt ist, einen Verkabelungsteil benachbart zu dem Unterteilungsteil und der von der Wand des Verbindungsstücks in einer Richtung weg von dem Lumen des Verbindungsstücks nach außen vorragt, und einen Sensorteil aufweist, der in dem Lumen des Verbindungsstücks angeordnet ist und von dem Unterteilungsteil entlang der Längsachse vorragt, wobei der Sensorteil zumindest einen Sensor aufweist, und der Sensorteil durch den Überspritzungsaufbau überspritzt ist. Die Leiterplattenanordnung kann ferner einen Unterstützungsteil benachbart zu dem Unterteilungsteil aufweisen und der von dem Verbindungsstück in einer Richtung weg von dem Lumen und in einer Richtung entgegengesetzt zu dem Verkabelungsteil nach außen vorragt. Der Verkabelungsteil kann so konfiguriert sein, dass er elektrisch mit einem oder mehreren Heizdrähten von der Leitung verbunden ist. Der zumindest eine Sensor kann einen Thermistor aufweisen. Der Sensorteil kann vorgelagert bzw. stromaufwärts des Strömungspfads vorragen. Der zumindest eine Sensor kann einen Sensor benachbart zu einer vorgelagerten Vorderkante des Sensorteils aufweisen. Der Sensorteil kann nachgelagert bzw. stromabwärts des Strömungspfads vorragen. Der zumindest eine Sensor kann einen Sensor benachbart zu einer nachgelagerten Vorderkante des Sensorteils aufweisen. Der Überspritzungsaufbau nahe dem Sensorteil kann eine verjüngte Form besitzen, die sich entlang der Längsachse erstreckt. Das Überspritzen kann am dünnsten nahe einer Vorderkante des Sensorteils sein. Der Sensorteil kann eine Tragflügelform besitzen, die sich entlang der Längsachse erstreckt. Der Sensorteil kann eine Geschoss- oder Torpedoform besitzen.

[0048] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist eine Beatmungsleitung ein Lumen, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, und eine Wand auf, die das Lumen umgibt, wobei das Lumen im Gebrauch einen Gasströmungspfad definiert; sowie eine überspritzte Leiterplattenanordnung, die an der Wand befestigt ist, wobei die Leiterplattenanordnung eine Leiterplatte aufweist und ferner einen Anbringungsteil aufweist, der in dem Lumen angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, sowie einen Temperatursensor auf einer Oberfläche des Anbringungsteils, wobei die Überspritzung nahe des Anbringungsteils eine verjüngte Form aufweist. Der Temperatursensor kann ein Thermistor sein.

[0049] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist eine Beatmungsleitung ein Lumen, das sich entlang einer Längsachse erstreckt und eine Wand auf, die das Lumen umgibt, wobei das Lumen im Gebrauch einen Gasströmungspfad definiert; sowie eine Komponente, die mit der Wand verbunden ist und einen Anbringungsteil aufweist, der in dem Lumen angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, wobei der Anbringungsteil einen Temperatursensor aufweist, der in Längsrichtung vorgelagert zu der Verbindung mit der Wand positioniert ist. Der Temperatursensor kann ein Thermistor sein. Der Temperatursensor kann sich nah an einem vorgelagerten Extrem des Anbringungsteils befinden. Der Anbringungsteil kann überspritzt sein. Die Überspritzung kann am dünnsten nahe dem Temperatursensor sein. Die Anbringung kann in Längsrichtung nachgelagert vorragen. Die Anbringung kann eine Tragflügelform besitzen, die sich entlang der Längsachse erstreckt. Die Anbringung kann eine Geschoss- oder Torpedoform besitzen. Eine vertikale Entfernung zwischen der Anbringung und der Wand kann mindestens 30% des Lumendurchmessers betragen.

[0050] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist ein Beatmungsleitungssegment ein Lumen, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, und eine Wand auf, die das Lumen umgibt, wobei das Lumen im Gebrauch einen Gasströmungspfad definiert; sowie eine Leiterplattenanordnung, die eine Leiterplatte aufweist und einen ersten Teil aufweist, der sich über das Lumen hinweg entlang eines Durchmessers oder einer Profillinie erstreckt, so dass ein Teil der Leiterplattenanordnung im Allgemeinen zumindest einen Teil des Strömungspfads halbiert, wobei der erste Teil durch einen Überspritzungsaufbau überspritzt ist, wobei ein zweiter Teil benachbart zu dem ersten Teil von der Wand in einer Richtung weg von dem Lumen vorragt, wobei der zweite Teil eines oder mehrere Verbindungselemente auf der Leiterplatte aufweist, die konfiguriert sind, um einen oder mehrere Drähte von einer ersten Anordnung aufzunehmen, wobei ein dritter Teil benachbart zu dem ersten Teil von der Wand in einer Richtung weg von dem Lumen und in einer Richtung entgegengesetzt zu dem zweiten Teil vorragt, wobei der dritte Teil eines oder mehrere Verbindungselemente auf der Leiterplatte aufweist, die so

konfiguriert sind, dass sie einen oder mehrere Drähte von einer zweiten Anordnung aufnehmen, die sich von der ersten Anordnung unterscheidet, und einer oder mehrere leitende Spuren auf der Leiterplatte elektrisch mit einem oder mehreren Verbindungselementen des zweiten Teils und einem oder mehreren Verbindungselementen des dritten Teils gekoppelt sind, und so konfiguriert sind, dass sie eine elektrische Verbindung zwischen der ersten Anordnung und der zweiten Anordnung vorsehen. Die erste Anordnung kann ein Beatmungsschlauch sein. Die zweite Anordnung kann ein Beatmungsschlauch sein. Die Leiterplattenanordnung kann ferner einen Anbringungsteil aufweisen, der in dem Lumen des Verbindungsstücks angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, sowie einen Temperatursensor auf einer Oberfläche des Anbringungsteils.

[0051] In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist ein Verbundschlauch ein erstes langgestrecktes Glied auf, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand zu bilden, die das Lumen umgibt; ein zweites langgestrecktes Glied, das spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet; wobei zumindest ein Teil des ersten langgestreckten Glieds aus einem atmungsfähigen Material gebildet ist. In einem Beispiel kann der Verbundschlauch mit einer Quelle eines Befeuchtungsfluids vorgesehen sein und/oder mit einem Volumen eines Befeuchtungsfluids vorgeladen sein, und mit einer Erwärmungsvorrichtung, die zur Erwärmung des Strömungsmittels bzw. Fluids vorgesehen ist, so dass der Fluid Dampf in oder aus dem Lumen durch das atmungsfähige Material hindurchgeht. Die Erwärmungsvorrichtung kann einen oder mehrere Heizfäden aufweisen, die in dem zweiten langgestreckten Glied angeordnet sind.

[0052] Zum Zwecke der Zusammenfassung der Erfindung wurden bestimmte Aspekte, Vorteile und neuartige Merkmale der Erfindung hierin beschrieben. Es wird verstanden werden, dass nicht notwendigerweise sämtliche Vorteile gemäß irgendeinem bestimmten Ausführungsbeispiel der Erfindung erreicht werden. Folglich kann die Erfindung in einer Art und Weise verkörpert oder ausgeführt werden, dass sie einen Vorteil oder eine Gruppe von Vorteilen erreicht oder optimiert, wie sie hierin gelehrt werden, ohne notwendigerweise andere Vorteile zu erzielen, die hierin gelehrt oder angedeutet werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0053] Beispielhafte Ausführungsbeispiele, die verschiedene Merkmale der offenbaren Systeme und Verfahren implementieren, werden nun unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Die Zeichnungen und die assoziierten Beschreibungen sind vorgesehen, um Ausführungsbeispiele zu verdeutlichen und nicht um den Umfang der Offenbarung zu begrenzen.

[0054] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines medizinischen Kreislaufs, der eine oder mehrere medizinische Schläuche beinhaltet.

[0055] Fig. 2A zeigt eine Seitendraufsicht eines Abschnitts eines beispielhaften Verbundschlauchs.

[0056] Fig. 2B zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines Schlauchs ähnlich dem beispielhaften Verbundschlauch der Fig. 2A.

[0057] Fig. 2C zeigt einen weiteren Längsquerschnitt, der ein erstes langgestrecktes Glied in dem Verbundschlauch darstellt.

[0058] Fig. 2D zeigt einen weiteren Längsquerschnitt eines oberen Teils eines Schlauchs.

[0059] Fig. 2E zeigt einen weiteren Längsquerschnitt eines oberen Teils eines Schlauchs.

[0060] Fig. 2F zeigt einen Schlauch mit einem Teil, der im Längsquerschnitt freigelegt ist.

[0061] Fig. 2G zeigt einen Längsquerschnitt eines Teils eines Schlauchs ähnlich dem beispielhaften Schlauch der Fig. 2F.

[0062] Fig. 2H zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines Schlauchs.

[0063] Fig. 3 zeigt eine Schablone bzw. Haltevorrichtung, die geeignet ist, um eine Blasenauslenkung bzw. -verformung zu bestimmen.

[0064] Fig. 4 zeigt eine Kurve der Kraft versus der Blasenablenkung.

[0065] Fig. 5A–Fig. 5C zeigen Beispiele von Formen des ersten langgestreckten Glieds, das konfiguriert ist, um die thermische Effizienz zu verbessern.

[0066] Fig. 5D–Fig. 5F zeigen Beispiele von Faseranordnungen, die konfiguriert sind, um die thermische Effizienz zu verbessern.

[0067] Fig. 6A zeigt einen Längsquerschnitt eines Teils eines Verbundschlauchs in einer neutralen Position.

[0068] Fig. 6B zeigt einen Teil des Verbundschlauchs der Fig. 6A in einer gebogenen Position, in der der Verbundschlauch in eine n-Form gebogen worden ist.

[0069] Fig. 6C zeigt einen Verbundschlauch, der in eine n-Form gebogen worden ist.

[0070] Fig. 6D zeigt einen Verbundschlauch, der über den minimalen Krümmungsradius hinaus gebogen worden ist.

[0071] Fig. 7A zeigt einen Transversalquerschnitt eines zweiten langgestreckten Glieds in dem Verbundschlauch.

[0072] Fig. 7B zeigt einen weiteren Transversalquerschnitt eines zweiten langgestreckten Glieds.

[0073] Fig. 7C zeigt ein weiteres Beispiel eines zweiten langgestreckten Glieds.

[0074] Fig. 7D zeigt ein weiteres Beispiel eines zweiten langgestreckten Glieds.

[0075] Fig. 7E zeigt ein weiteres Beispiel eines zweiten langgestreckten Glieds.

[0076] Fig. 7F zeigt ein weiteres Beispiel eines zweiten langgestreckten Glieds.

[0077] Fig. 7G zeigt ein weiteres Beispiel eines zweiten langgestreckten Glieds.

[0078] Fig. 8A zeigt ein Schema eines Verbundschlauchs mit einem variablen Teilungsabstand.

[0079] Fig. 8B zeigt ein Schaubild, das ein beispielhaftes Temperaturprofil in einem Verbundschlauch mit variablem Teilungsabstand darstellt.

[0080] Fig. 9A zeigt ein Vorderansicht-Querschnitt-Schema einer Biegsameitsschablone.

[0081] Fig. 9B zeigt ein detailliertes Vorderansicht-Querschnitt-Schema von Rollen auf der Biegsameitsschablone der Fig. 9A.

[0082] Fig. 9C–Fig. 9F zeigen eine Biegsameitsschablone im Gebrauch. Fig. 9C und Fig. 9E zeigen eine perspektivische Vorderansicht von Proben beim Testen in der Schablone, Fig. 9D und Fig. 9F zeigen eine perspektivische Rückansicht von Proben beim Testen in der Schablone.

[0083] Fig. 10A zeigt eine Stauchwiderstand-Testschablone.

[0084] Fig. 10B zeigt eine graphische Darstellung einer Last versus einer Ausdehnung, die zur Bestimmung der Stauchsteifigkeit verwendet wird.

[0085] Fig. 11A–Fig. 11D demonstrieren die Krümmungsradiuseigenschaften des Schlauchs.

[0086] Fig. 12A–Fig. 12C zeigen Beispiele der Stapelung erster langgestreckter Glieder.

[0087] Fig. 13 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel des zweiten langgestreckten Glieds.

[0088] Fig. 14A–Fig. 14E zeigen Variationen eines Schlauchs, der angepasst ist um eine erhöhte laterale Ausdehnung in dem Schlauch vorzusehen.

- [0089] **Fig. 15A–Fig. 15E** zeigen einen ausgedehnten Zustand der Schläuche, die jeweils in **Fig. 13A–Fig. 13E** gezeigt sind.
- [0090] **Fig. 16** zeigt einen beispielhaften medizinischen Kreislauf gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel.
- [0091] **Fig. 17** zeigt ein Insufflationssystem gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel.
- [0092] **Fig. 18** ist eine schematische Darstellung eines koaxialen Schlauchs gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel.
- [0093] **Fig. 19A–Fig. 19B** zeigt einen Verbundschlauch im Gebrauch mit einer Patientenschnittstelle.
- [0094] **Fig. 20A** zeigt einen Verbundschlauch in Verwendung mit einer Vollmaske.
- [0095] **Fig. 20B** zeigt einen Verbundschlauch in Verwendung mit einer Nasenmaske.
- [0096] **Fig. 20C** zeigt einen Verbundschlauch in Verwendung mit einer Nasen/Kissenmaske.
- [0097] **Fig. 21A** zeigt einen Aspekt in einem Verfahren zum Bilden bzw. Formen des Verbundschlauchs.
- [0098] **Fig. 21B** zeigt ein spiralgewickeltes, zweites, langgestrecktes Glied. **Fig. 21C** zeigt einen weiteren Aspekt in einem Verfahren zum Bilden des Verbundschlauchs.
- [0099] **Fig. 21D** zeigt einen weiteren Aspekt in einem Verfahren zum Bilden des Verbundschlauchs.
- [0100] **Fig. 21E** zeigt einen weiteren Aspekt in einem Verfahren zum Bilden des Verbundschlauchs.
- [0101] **Fig. 21F** zeigt einen weiteren Aspekt in einem Verfahren zum Bilden des Verbundschlauchs.
- [0102] **Fig. 22A–Fig. 22C** zeigen beispielhafte Konfigurationen der Längsquerschnitte der Schläuche.
- [0103] **Fig. 23A–Fig. 23H** zeigen ein alternatives Verfahren des Bildens eines Schlauchs.
- [0104] **Fig. 24A–Fig. 24B** zeigen ein weiteres Beispiel, das einen einzelnen, langgestreckten Hohlkörper darstellt, der spiralförmig gewickelt ist, um einen medizinischen Schlauch zu bilden.
- [0105] **Fig. 25A–Fig. 25L** zeigen ein allgemeines Flussdiagramm und detaillierte, schematische Darstellungen und Photographien, die sich auf ein Verfahren zum Anbringen eines Verbindungsstücks an dem Ende des Schlauchs beziehen, der zur Verwendung beim Verbinden mit einem Befeuchter konfiguriert ist.
- [0106] **Fig. 26A–Fig. 26E** zeigen ein Verbindungsstück zur Anbringung von Fasern bzw. Fäden an ein elektrisches Verbindungsstück.
- [0107] **Fig. 27A–Fig. 27E** zeigen einen Greifer, der geeignet für die Verwendung mit einem Verbindungsstück der **Fig. 25A–Fig. 25L** ist.
- [0108] **Fig. 28A–Fig. 28F** und **Fig. 29A–Fig. 29L** zeigen Verbindungsstücke, die für medizinische Kreisläufe mit elektrischen Drähten, die durch diese laufen, verwendet werden können sowie assoziierte Verfahren des Zusammenbaus.
- [0109] **Fig. 30A–Fig. 30O** zeigen schematische Darstellungen, die sich auf ein Verbindungsstück beziehen, das für die Anbringung eines Schlauchs an einer Patientenschnittstelle geeignet ist.
- [0110] **Fig. 31A–Fig. 31B** zeigen einen Anschlagsteil, der für die Verwendung mit dem Verbindungsstück der **Fig. 30A–Fig. 30O** geeignet ist.
- [0111] **Fig. 32A–Fig. 32D** zeigen ein Rotationsverhinderungsmerkmal, das für die Verwendung mit dem Verbindungsstück der **Fig. 30A–Fig. 30O** geeignet ist.

[0112] Fig. 33A–Fig. 33D stellen eine beispielhafte Leiterplatten- bzw. PCB-Anordnung dar.

[0113] Fig. 34 zeigt ein segmentiertes Inspirationsglied zur Verwendung mit einem Befeuchtungssystem, wobei das segmentierte Inspirationsglied ein Zwischenverbindungsstück aufweist, das so konfiguriert ist, dass es Heizfäden und/oder Temperatursensoren in den zwei Segmenten koppelt.

[0114] Fig. 35A–Fig. 35E zeigen schematische Darstellungen, die sich auf ein Verbindungsstück beziehen, das für das Anbringen eines Schlauchs an einem Befeuchtungsvorrichtungsanschluss, einer Patientenschnittstelle oder einer anderen geeigneten Komponente geeignet ist.

[0115] Fig. 36A–Fig. 36K zeigen schematische Darstellungen, die sich auf ein weiteres Verbindungsstück beziehen, das zur Anbringung eines Schlauchs an einem Befeuchtungsvorrichtungsanschluss, einer Patientenschnittstelle oder einer anderen geeigneten Komponente geeignet ist.

[0116] Fig. 37A zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines Schlauchs, der zwei erste langgestreckte Glieder aufweist.

[0117] Fig. 37B zeigt einen weiteren Längsquerschnitt eines oberen Teils eines Schlauchs, der zwei erste langgestreckte Glieder aufweist.

[0118] Im Allgemeinen werden über die Zeichnungen hinweg Bezugszeichen wiederverwendet, um eine Übereinstimmung zwischen mit Verweisen versehenen (oder ähnlichen) Elementen anzuzeigen. Nichtsdestotrotz können entsprechende mit Verweisen versehene (oder ähnliche) Elemente unterschiedliche Bezugszeichen unter bestimmten Umständen aufweisen. Zusätzlich zeigt/zeigen im Allgemeinen die erste Ziffer/die ersten Ziffern jedes Bezugszeichens die Figur an, in der das Element das erste Mal erscheint.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0119] Details bezüglich mehrerer veranschaulichender Ausführungsbeispiele zur Implementierung der Vorrichtungen und Verfahren, die hierin beschrieben sind, werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Die Erfindung ist nicht auf diese beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt.

Beatmungskreislauf, der einen oder mehrere medizinische Schläuche aufweist

[0120] Für ein detaillierteres Verständnis der Offenbarung wird zunächst auf **Fig. 1** Bezug genommen, die einen Beatmungskreislauf gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel zeigt, der einen oder mehrere medizinische Schläuche aufweist. Schlauch ist ein breiter Begriff und ihm soll seine gewöhnliche und gebräuchliche Bedeutung für einen gewöhnlichen Fachmann des Gebiets (d. h. es ist nicht auf eine spezielle oder anwendungsspezifische Bedeutung beschränkt) gegeben werden und weist ohne Einschränkung zylindrische und nicht-zylindrische Verbindungsstrecken bzw. Gänge auf. Bestimmte Ausführungsbeispiele können einen Verbundschlauch beinhalten, der im Allgemeinen als ein Schlauch definiert ist, der zwei oder mehr Teile aufweist, oder insbesondere in einigen Ausführungsbeispielen zwei oder mehr Komponenten, die nachfolgend detaillierter beschrieben sind. Ein derartiger Beatmungskreislauf kann ein kontinuierliches, variables oder Zwei-Ebenen-Überdruck-Beatmungs- bzw. PAP-System (PAP = Positive Airway Pressure) sein oder eine andere Form von Atmungsbehandlung sein.

[0121] Gase können in dem Kreislauf der **Fig. 1** wie folgt transportiert werden. Trockene Gase gehen durch einen Lüfter/Bläser **105** zu einer Befeuchtungsvorrichtung **107**, die die trockenen Gase befeuchtet. Die Befeuchtungsvorrichtung **107** ist mit dem Einlass **109** verbunden (dem Ende zum Aufnehmen der befeuchteten Gase) des Inspirationsschlauchs **103** über einen Anschluss **111**, wodurch befeuchtete Gase an den Inspirationsschlauch **103** geliefert werden. Ein Inspirationsschlauch ist ein Schlauch, der so konfiguriert ist, dass er Beatmungsgase zu einem Patienten liefert, und kann aus einem Verbundschlauch bestehen, wie er nachfolgend detaillierter beschrieben ist. Die Gase strömen durch den Inspirationsschlauch **103** zu dem Auslass **113** (dem Ende zum Ausstoßen befeuchteter Gase), und dann zu dem Patient **101** durch eine Patientenschnittstelle **115**, die mit dem Auslass **113** verbunden ist.

[0122] Ein Expirationsschlauch **117** ist optional mit der Patientenschnittstelle **115** verbunden. Ein Expirationsschlauch ist ein Schlauch, der so konfiguriert ist, dass er ausgeatmete, befeuchtete Gase weg von dem Patienten bewegt. Hier führt der Expirationsschlauch **117** ausgeatmete, befeuchtete Gase von der Patientenschnittstelle **115** zu dem Lüfter/Bläser **105**.

[0123] In diesem Beispiel treten die trockenen Gase in den Lüfter/Bläser **105** durch eine Öffnung **119** ein. Ein Gebläse **121** kann den Gasstrom in den Lüfter/Bläser durch Anziehen von Luft oder anderer Gase durch die Öffnung **119** verbessern. Das Gebläse **121** kann beispielsweise ein Ventilator mit variabler Drehzahl sein, in dem eine elektronische Steuervorrichtung **123** die Ventilatordrehzahl steuert. Insbesondere kann die Funktion der elektronischen Steuervorrichtung **123** durch eine elektronische Master-Steuervorrichtung **125** ansprechend auf Eingaben der Master-Steuervorrichtung und einen benutzereingestellten, vorbestimmten, erforderlichen Wert (voreingestellter Wert) des Drucks oder der Ventilatordrehzahl oder der Gasstromrate über einen Stellknopf **127** gesteuert werden.

[0124] Die Befeuchtungsvorrichtung bzw. der Befeuchter **107** weist eine Befeuchungskammer **129** auf, die ein Volumen an Wasser **130** oder einer anderen geeigneten Befeuchtungsflüssigkeit enthält. Vorzugsweise ist die Befeuchungskammer **129** aus der Befeuchtungsvorrichtung **107** nach der Verwendung entfernbar. Die Entfernbarkeit ermöglicht es, dass die Befeuchungskammer **129** einfacher sterilisiert oder entsorgt wird. Der Befeuchungskammerteil **129** der Befeuchtungsvorrichtung **107** kann jedoch eine einheitliche Konstruktion sein. Der Körper der Befeuchungskammer **129** kann aus einem nicht-leitenden Glas oder Kunststoffmaterial gebildet sein. Die Befeuchungskammer **129** kann jedoch ebenfalls leitende Komponenten aufweisen. Beispielsweise kann die Befeuchungskammer **129** eine hochgradig wärmeleitende Basis (beispielsweise eine Aluminiumbasis) aufweisen, die eine Heizplatte **131** auf der Befeuchtungsvorrichtung **107** kontaktiert oder mit dieser assoziiert ist.

[0125] Die Befeuchtungsvorrichtung **107** kann ebenfalls elektronische Steuerungen aufweisen. In diesem Beispiel weist die Befeuchtungsvorrichtung **107** eine elektronische, analoge oder digitale Master-Steuervorrichtung **125** auf. Vorzugsweise ist die Master-Steuervorrichtung **125** eine mikroprozessorbasierte Steuervorrichtung, die Computersoftwarebefehle ausführt, die in dem assoziierten Speicher gespeichert sind. Ansprechend beispielsweise auf eine durch den Benutzer über eine Benutzerschnittstelle **133** eingestellten Feuchtigkeits- oder Temperaturwerteeingabe oder andere Eingaben, bestimmt die Master-Steuervorrichtung **125** wann (und zu welchem Grad) die Heizplatte **131** erregt wird, um das Wasser **130** innerhalb der Befeuchungskammer **129** zu erwärmen.

[0126] Irgendeine geeignete Patientenschnittstelle **115** kann enthalten sein. Patientenschnittstelle ist ein breiter Ausdruck und ihm wird seine gewöhnliche und gebräuchliche Bedeutung für einen gewöhnlichen Fachmann des Gebiets (d. h. es ist nicht auf eine spezielle oder anwendungsspezifische Bedeutung beschränkt) beigemessen und weist ohne Einschränkungen Masken (beispielsweise Luftröhren- bzw. Trachealmasken, Gesichts- bzw. Vollmasken und Nasenmasken), Kanülen und Nasenkissen auf. Ein Temperaturfühler **135** kann mit dem Inspirationsschlauch **103** nahe der Patientenschnittstelle **115** oder mit der Patientenschnittstelle **115** verbunden sein. Der Temperaturfühler **135** überwacht die Temperatur nahe oder bei der Patientenschnittstelle **115**. Ein Heizfaden (nicht gezeigt), der mit dem Temperaturfühler assoziiert ist, kann verwendet werden, um die Temperatur der Patientenschnittstelle **115** und/oder des Inspirationsschlauchs **103** anzupassen, um die Temperatur des Inspirationsschlauchs **103** und/oder der Patientenschnittstelle **115** über die Sättigungstemperatur zu erhöhen, wodurch die Chance ungewollter Kondensation verringert wird.

[0127] In Fig. 1 werden ausgeatmete, befeuchtete Gase von der Patientenschnittstelle **115** zu dem Lüfter/Gebläse **105** über den Expirationsschlauch **117** zurückgeführt. Der Expirationsschlauch **117** kann ebenfalls ein Verbundschlauch sein, wie er detaillierter nachfolgend beschrieben ist. Der Expirationsschlauch **117** kann aber auch ein medizinischer Schlauch sein, wie er bereits in der Technik bekannt ist. In jedem Fall kann der Expirationsschlauch **117** einen Temperaturfühler und/oder einen Heizfaden aufweisen, wie oben in Bezug auf den Inspirationsschlauch **103** beschrieben, der mit diesem integriert ist, um die Möglichkeit der Kondensation zu verringern. Darüber hinaus muss der Expirationsschlauch **117** die ausgeatmeten Gase nicht zu dem Lüfter/Bläser **105** zurückführen. Alternativ können die ausgeatmeten, befeuchteten Gase direkt zur Umgebung oder zu einer anderen Hilfseinrichtung geführt werden, wie beispielsweise einem Luftwäscher/Filter (nicht gezeigt). In bestimmten Ausführungsbeispielen wird der Expirationsschlauch vollständig weggelassen.

Verbundschläuche

[0128] Fig. 2A zeigt eine Seitendraufsicht eines Abschnitts eines beispielhaften Verbundschlauchs **201**. Im Allgemeinen weist der Verbundschlauch **201** ein erstes langgestrecktes Glied **203** und ein zweites langgestrecktes Glied **205** auf. Glied ist ein breiter Ausdruck und ihm wird seine gewöhnliche und gebräuchliche Verwendung für einen Fachmann des Gebiets gegeben (d. h. er ist nicht auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung beschränkt) und weist ohne Beschränkungen integrale Teile, integrale Komponenten und individuelle Komponenten auf. Folglich, obwohl Fig. 2A ein Ausführungsbeispiel darstellt, das aus zwei individuellen

Komponenten besteht, wird erkannt werden, dass in anderen Ausführungsbeispielen (wie sie beispielsweise nachfolgend beschrieben sind), ein erstes langgestrecktes Glied **203** und ein zweites langgestrecktes Glied **205** ebenfalls Bereiche in einem Schlauch repräsentieren können, die aus einem einzigen Material gebildet ist. Folglich kann das erste langgestreckte Glied **203** einen hohlen Teil eines Schlauchs repräsentieren, während das zweite langgestreckte Glied **205** eine strukturelle Unterstützung oder einen Verstärkungsteil des Schlauchs repräsentieren kann, der eine dem hohlen Teil eine strukturelle Unterstützung hinzufügt. Der hohle Teil und der Strukturunterstützungsteil können eine spiralförmige Konfiguration aufweisen, wie sie hierin beschrieben ist.

[0129] Der Verbundschlauch **201** kann verwendet werden, um den Inspirationsschlauch **103** und/oder den Expirationsschlauch **117** in einem Beatmungskreislauf, wie oben beschrieben, einen koaxialen Schlauch wie nachfolgend beschrieben, oder irgendeinen anderen Schlauch, wie er an anderer Stelle in dieser Offenbarung beschrieben ist, zu bilden. In bestimmten Ausführungsbeispielen ist der Verbundschlauch **201** zumindest ein Inspirationsschlauch **103**.

[0130] Im Folgenden werden Komponenten und Eigenschaften beispielhafter Verbundschläuche **201** detaillierter beschrieben. Unterüberschriften werden verwendet, wie beispielsweise „erstes langgestrecktes Glied“ und „zweites langgestrecktes Glied“. Diese Unterüberschriften sind nicht beschränkend und sollen nicht in dieser Weise ausgelegt werden. Beispielsweise können Aspekte von einem oder mehreren Ausführungsbeispielen, die unter der Unterüberschrift des ersten langgestreckten Glieds beschrieben sind, ebenfalls auf eines oder mehrere Ausführungsbeispiele angewendet werden, die unter der Unterüberschrift des zweiten langgestreckten Glieds beschrieben sind, und in umgekehrter Weise ebenso.

Erstes langgestrecktes Glied

[0131] In Fig. 2A weist das erste langgestreckte Glied **203** einen Hohlkörper auf, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse LA-LA und einem Lumen **207** (Schlauchloch), das sich entlang der Längsachse LA-LA erstreckt, zu bilden. Das erste langgestreckte Glied **203** weist einen inneren Teil **211** nahe des Lumens **207** auf. In bestimmten Ausführungsbeispielen bildet eine Oberfläche des Inneren Teils **211** das Lumen **207**. Das erste langgestreckte Glied **203** weist ebenfalls einen äußeren Teil **219** gegenüberliegend dem inneren Teil und von dem Lumen **207** in radialer Richtung weg weisen auf. Wie nachfolgend detaillierter beschrieben, kann das erste langgestreckte Glied **203** im Längsquerschnitt eine Vielzahl von Blasen bilden. In bestimmten Ausführungsbeispielen besitzen die Blasen ein Querschnittsprofil, das dem Buchstaben „D“ gleicht. Die Blasen können bei der nach außen weisenden Oberfläche gewölbt sein. Die Blasen können an der Oberfläche bei dem Lumen **207** flacher sein. In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist das erste langgestreckte Glied **203** ein Schlauch.

[0132] Vorzugsweise ist das erste langgestreckte Glied **203** biegsam bzw. elastisch. Elastisch bezeichnet die Fähigkeit, sich zu biegen bzw. verbiegen. Darüber hinaus ist das erste langgestreckte Glied **203** vorzugsweise transparent oder zumindest semi-transparent oder semi-undurchsichtig. Ein Grad der optischen Transparenz ermöglicht es einem Betreuer bzw. Pfleger oder einem Benutzer, das Lumen **207** hinsichtlich einer Blockade oder Kontaminationen zu inspizieren oder das Vorhandensein von Feuchtigkeit zu bestätigen.

[0133] Eine Vielzahl von Kunststoffen, einschließlich Kunststoffen mit medizinischer Güte, sind für den Körper des ersten langgestreckten Glieds **203** geeignet. Beispiele geeigneter Materialien umfassen Polyolefin-Elastomere, Polyether-Blockamide, Thermoplastische Co-Polyester-Elastomere, EPDM-Polypropylen-Mischungen, und Thermoplastische Polyurethane. In bestimmten Ausführungsbeispielen wird das Material so ausgewählt, dass die Materialdichte des resultierenden, ersten langgestreckten Glieds **203** kleiner oder gleich 1 g/cm^3 (oder ungefähr 1 g/cm^3) beträgt.

[0134] Das Material des ersten langgestreckten Glieds **203** ist vorzugsweise weich. Weichheit reflektiert den Betrag den das Material „nachgibt“ oder bei der Anwendung von Kraft komprimiert wird. Ein weiches Material gibt mehr nach oder wird mehr komprimiert als ein festes Material. Die Blasenablenkung kann verwendet werden, um die Weichheit des Materials des ersten langgestreckten Glieds **203** zu quantifizieren. Die Blasenablenkung ist die Entfernung mit der der äußere Teil **219** des ersten langgestreckten Glieds **203** vertikal (d. h. radial nach innen in der Richtung des Lumens **207** versetzt wird) bei der Anwendung einer Kraft abgelenkt wird. Die Blasenablenkung kann getestet werden, beispielsweise durch eine Blasenablenkungsschablone, wie beispielsweise die Schablone **301**, die in der Fotografie der Fig. 3 gezeigt ist.

[0135] In einem Weichheitstest wurden vier Proben des Verbundschlauchs mit den in Tabelle 1 gezeigten Eigenschaften (im Folgenden als „Typ 1“ bezeichnet) und vier Proben des Verbundschlauchs mit den in Tabelle

2 gezeigten Eigenschaften (im Folgenden als „Typ 2“ bezeichnet) jeweils auf der Schablone **301** der **Fig. 3** getestet.

Tabelle 1

Merkmal	Abmessung (mm)	Bereich (±)
Lumendurchmesser	17,2	5,0
Teilungsabstand	5,1	3,0
Blasenbreite	4,0	2,0
Wulstbreite	2,3	+3,0/-2,0
Blasenhöhe	2,7	+5,0/-2,0
Wulsthöhe	1,6	1,5
Blasendicke oben, am weitesten vom Lumen entfernt (äußere Wanddicke)	0,24	+0,20/-0,10
Blasendicke benachbart zu dem Lumen (innere Wanddicke)	0,10	+0,20/-0,05
Äußerer Schlauchdurchmesser	22,5	3,0

Tabelle 2

Merkmal	Abmessung (mm)	Bereich (±)
Lumendurchmesser	18,25	0,25
Teilungsabstand	8,2	0,15
Blasenbreite	7,0	1
Wulstbreite	2,30	0,15
Blasenhöhe	4,0	0,05
Wulsthöhe	1,95	0,15
Blasendicke oben, am weitesten vom Lumen entfernt (äußere Wanddicke)	0,42	0,04
Blasendicke benachbart zu dem Lumen (innere Wanddicke)	0,22	0,04
Äußerer Schlauchdurchmesser	26	0,5

[0136] Ein Fühler **303** mit einem 2,5-mm-Durchmesser legte eine Kraft an jede Probe **305** an und die Blasenablenkung wurde gemessen. Die resultierenden Kurven sind in **Fig. 4** abgetragen. Bis ihr entsprechender äußerer Teil **219** den inneren Teil **211** kontaktiert erfordern Proben des Typs 1 im Allgemeinen weniger Kraft um eine ähnliche Blasenablenkung wie Proben des Typs 2 zu erreichen. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann, bis der äußere Teil **219** die innere Wand **211** kontaktiert, die Blasenablenkung die folgende Gleichung erfüllen: $D > 0,5 \times F_{2,5}$, wobei D die Blasenablenkung in Millimetern repräsentiert und $F_{2,5}$ die Kraft in Newton repräsentiert, die ein 2,5-mm-Fühler anwendet. Beispielsweise kann das erste langgestreckte Glied **203** um mehr als 1 mm abgelenkt werden, wenn eine Kraft von 1 N mit einem 2,5-mm-Fühler **303** angelegt wird, bis der äußere Teil **219** den inneren Teil **211** kontaktiert.

[0137] Es sollte erkannt werden, dass obwohl die Konfiguration in Tabelle 1 in bestimmten Ausführungsbeispielen bevorzugt sein kann, dass andere Konfigurationen und Variationen in anderen Ausführungsbeispielen verwendet werden können, wie dies erwünscht sein kann.

[0138] **Fig. 2B** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils des beispielhaften Verbundschlauchs **201** der **Fig. 2A**. **Fig. 2B** besitzt die gleiche Ausrichtung wie **Fig. 2A**. Dieses Beispiel stellt ferner die Hohlkörperform des ersten langgestreckten Glieds **203** dar. Wie in diesem Beispiel gesehen werden kann, bildet das erste langgestreckte Glied **203** im Längsquerschnitt eine Vielzahl von hohlen Blasen. Folglich bezeichnet in dieser

Beschreibung der Ausdruck „Blase“ eine Querschnittform einer Windung oder Umdrehung des ersten langgestreckten Glieds **203**. Teile **209** des ersten langgestreckten Glieds **203** überlappen benachbarte Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205**. Ein innerer Teil **211** des ersten langgestreckten Glieds **203** bildet die Wand des Lumens **207**.

[0139] Der Hohlkörperaufbau des ersten langgestreckten Glieds **203** trägt zu den Schalldämpfungseigenschaften des Verbundschlauchs **201** bei. In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist der Außendurchmesser des ersten langgestreckten Glieds **203** größer als der Außendurchmesser des zweiten langgestreckten Glieds **205**. Der blasenförmige Aufbau formt ein Kissen. Folglich kann das mit Fluid (Gas oder Flüssigkeit) gefüllte, blasenförmige, erste langgestreckte Glied **203** das Geräusch dämpfen, das entsteht, wenn der Verbundschlauch **201** über ein Objekt gezogen wird, wie beispielsweise die Kante eines Schreibtischs oder eines Nachttischs. Auf diese Weise kann der Verbundschlauch **201** leiser verglichen mit einstückigen Festkörperschläuchen sein.

[0140] Der Hohlkörperaufbau des ersten langgestreckten Glieds **203** trägt ebenfalls zu den Isoliereigenschaften des Verbundschlauchs **201** bei. Ein isolierender Verbundschlauch **201** ist wünschenswert, da wie vorangehend beschrieben Wärmeverlust verhindert wird. Dies kann es ermöglichen, dass der Verbundschlauch **201** Gas von einer Erwärmungs-Befeuchtungs-Vorrichtung zu einem Patienten liefert, während der Gaszustand mit minimalen Energieverbrauch beibehalten wird.

[0141] Es wurde erkannt, dass das Vorhandensein eines Spalts **213** zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203**, d. h. zwischen benachbarten Blasen, die Gesamtsoliereigenschaften des Verbundschlauchs **201** in unerwarteter Weise verbessert. Folglich sind in bestimmten Ausführungsbeispielen benachbarte Blasen durch einen Spalt **213** getrennt. Darüber hinaus weisen bestimmte Ausführungsbeispiele die Erkenntnis auf, dass das Vorsehen eines Spalts **213** zwischen benachbarten Blasen den Wärmeübertragungswiderstand (den R-Wert) erhöht und demgemäß die Wärmeübertragungsleitfähigkeit des Verbundschlauchs **201** verringert. Es wurde ebenfalls herausgefunden, dass die Spaltkonfiguration die Biegsamkeit bzw. Elastizität des Verbundschlauchs **201** verbessert, indem ein kürzerer Biegeradius ermöglicht wird. Ein dreieckiges, zweites langgestrecktes Glied **205** oder ein T-förmiges, zweites langgestrecktes Glied **205**, wie in **Fig. 2B** gezeigt, kann helfen, einen Spalt **213** zwischen benachbarten Blasen aufrecht zu erhalten. Nichtsdestotrotz berühren sich in bestimmten Ausführungsbeispielen benachbarte Blasen. Beispielsweise können benachbarte Blasen zusammengebondet bzw. verklebt werden.

[0142] **Fig. 2C** zeigt einen Längsquerschnitt der Blasen in **Fig. 2B**. Wie gezeigt, sind Teile **209** des ersten langgestreckten Glieds **203**, die benachbarte Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** überlappen durch einen Verbindungsbereich **217** charakterisiert. Ein größerer Verbindungsbereich verbessert den Widerstand des Schlauchs gegenüber Ablösung bzw. Delaminierung bei der Schnittstelle der ersten und zweiten langgestreckten Glieder. Zusätzlich oder alternativ kann die Form der Wulst und/oder der Blase angepasst werden, um den Verbindungsbereich **217** zu erhöhen. Beispielsweise zeigt **Fig. 2D** einen relativ kleinen Verbindungsbereich auf der linken Seite. **Fig. 5B** demonstriert ebenfalls einen kleineren Verbindungsbereich. Im Gegensatz dazu weist **Fig. 2E** einen viel größeren Verbindungsbereich auf, als der in **Fig. 2D** gezeigt ist, aufgrund der Größe und der Form der Wulst. **Fig. 5A** und **Fig. 5C** zeigen ebenfalls einen größeren Verbindungsbereich. Jede dieser Figuren wird nachfolgend detaillierter diskutiert. Es sollte erkannt werden, dass obwohl die Konfigurationen in **Fig. 2E**, **Fig. 3A** und **Fig. 5C** in bestimmten Ausführungsbeispielen bevorzugt sind, andere Konfigurationen, einschließlich denjenigen der **Fig. 2D**, **Fig. 5B** und anderen Variationen, in anderen Ausführungsbeispielen verwendet werden können, wie dies erwünscht ist.

[0143] **Fig. 2D** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Bereichs eines weiteren Verbundschlauchs. **Fig. 2D** weist die gleiche Ausrichtung wie **Fig. 2B** auf. Dieses Beispiel veranschaulicht weiter die Hohlkörperform des ersten langgestreckten Glieds **203** und demonstriert, wie das erste langgestreckte Glied **203** im Längsquerschnitt eine Vielzahl von hohlen Blasen bildet. In diesem Beispiel sind die Blasen vollständig voneinander durch einen Spalt **213** getrennt. Ein im Allgemeinen dreieckiges, zweites langgestrecktes Glied **205** trägt das erste langgestreckte Glied **203**.

[0144] **Fig. 2H** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Bereichs eines anderen Verbundschlauchs. **Fig. 2H** weist die gleiche Ausrichtung wie **Fig. 2B** auf.

[0145] In dem Beispiel der **Fig. 2H** ist die Querschnittsdicke des inneren Teils **211** des ersten langgestreckten Glieds **203**, das die Wand des Lumens bildet, geringer als die Dicke des äußeren Teils **219**. Da das erste langgestreckte Glied **203** ein D-förmiges Blasenprofil besitzt, weist der nach außen weisende Teil des ersten

langgestreckten Glieds **203** einen Materialdurchhang zwischen benachbarten Windungen des zweiten langgestreckten Glieds auf, was die Bewegung und das Strecken ermöglicht, während der Verbundschlauch in eine n-Form gebogen wird. Da die Konfiguration der **Fig. 2H** zu einer dünneren Blase nahe des Lumens **207** führt, ermöglicht eine derartige Konfiguration, dass der innere Teil **211** einfacher komprimiert oder „gebündelt“ wird, wenn der Verbundschlauch **201** in eine n-Form gebogen wird. Folglich weisen bestimmte Ausführungsbeispiele die Erkenntnis auf, dass eine Konfiguration, in der die Querschnittsdicke des inneren Teils **211** geringer als die Querschnittsdicke des äußeren Teils **219** ist, die Biegsamkeit des Verbundschlauchs **201** verbessert, wodurch ein kürzerer Biegeradius ermöglicht wird. Zusätzlich weisen bestimmte Ausführungsbeispiele die Erkenntnis auf, dass die Gesamtschlauchbiegsamkeit bzw. -elastizität durch Vorsehen eines ersten langgestreckten Glieds **203** mit einer variablen Querschnittswanddicke verbessert werden kann. Wünschenswerter Weise ist die Dicke des inneren Teils **211** geringer als die Dicke des äußeren Teils **219**.

[0146] In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist die Dicke des inneren Teils **211** zumindest 20% (oder ungefähr 20%) geringer als die Dicke des äußeren Teils **219**. Beispielsweise ist in bestimmten Ausführungsbeispielen die Dicke des inneren Teils **211** zumindest 30% (oder ungefähr 30%), zumindest 40% (oder ungefähr 40%), zumindest 50% (oder ungefähr 50%), zumindest 60% (oder ungefähr 60%) geringer als die Dicke des äußeren Teils **219**. In bestimmten Ausführungsbeispielen ist die Dicke des inneren Teils **211** 27% (oder ungefähr 27%) geringer als die Dicke des äußeren Teils **219**. In bestimmten Ausführungsbeispielen ist die Dicke des inneren Teils **211** 32% (oder ungefähr 32%) geringer als die Dicke des äußeren Teils **219**. In bestimmten Ausführungsbeispielen ist die Dicke des inneren Teils **211** 58% (oder ungefähr 58%) geringer als die Dicke des äußeren Teils **219**. In bestimmten Ausführungsbeispielen ist die Dicke des inneren Teils **211** 64% (oder ungefähr 64%) geringer als die Dicke des äußeren Teils **219**.

[0147] Die Dicke des äußeren Teils **219** kann in dem Bereich von 0,14 mm (oder ungefähr 0,14 mm) und 0,44 mm (oder ungefähr 0,44 mm), wie beispielsweise 0,22 mm (oder ungefähr 0,22 mm) oder 0,24 mm (oder ungefähr 0,24 mm) liegen. Die Dicke des inneren Teils **211** kann in dem Bereich von 0,05 mm (oder ungefähr 0,05 mm) und 0,30 mm (oder ungefähr 0,30 mm) liegen und vorzugsweise 0,10 mm (oder ungefähr 0,10 mm) oder 0,16 mm (oder ungefähr 0,16 mm).

[0148] Wieder auf **Fig. 2H** Bezug nehmend, kann die Höhe (bezeichnet als H---H) einer einzelnen Längsquerschnittsblase des ersten langgestreckten Glieds **203** größer als die Breite (bezeichnet als W---W) einer einzelnen Längsquerschnittsblase des ersten langgestreckten Glieds **203** sein. Da eine größere Höhe den Betrag des Materialdurchhangs in der äußeren Wand der Blase des ersten langgestreckten Glieds **203** erhöht, kann eine derartige Konfiguration die Biegsamkeit des Verbundschlauchs **201** verbessern, indem ein kürzerer Biegeradius ermöglicht wird. Demgemäß weisen bestimmte Ausführungsbeispiele die Realisierung auf, dass die Gesamtschlauchbiegsamkeit durch Vorsehen eines ersten langgestreckten Glieds **203** mit einer Längsquerschnittshöhe, die größer als die Längsquerschnittsbreite ist, verbessert werden kann. Es sollte erkannt werden, dass obwohl diese beispielhafte Konfiguration in bestimmten Ausführungsbeispielen bevorzugt sein kann, andere Konfigurationen und Variationen in anderen Ausführungsbeispiel verwendet werden können, wie dies erwünscht sein kann. Beispielsweise kann die Höhe einer Längsquerschnittsblase des ersten langgestreckten Glieds **203** geringer als die Breite sein.

[0149] In zumindest einem Ausführungsbeispiel kann die Blasenlänge (H-H) in dem Bereich von 1,2 mm (oder ungefähr 1,2 mm) und 8,2 mm (oder ungefähr 8,2 mm), wie beispielsweise 1,2 mm (oder ungefähr 1,2 mm), 1,7 mm (oder ungefähr 1,7 mm), 1,8 mm (oder ungefähr 1,8 mm), 2,7 mm (oder ungefähr 2,7 mm), 2,8 mm (oder ungefähr 2,8 mm), 3 mm (oder ungefähr 3 mm), 3,2 mm (oder ungefähr 3,2 mm), 3,5 mm (oder ungefähr 3,5 mm), 3,8 mm (oder ungefähr 3,8 mm), 4 mm (oder ungefähr 4 mm), 4,5 mm (oder ungefähr 4,5 mm), 7,7 mm (oder ungefähr 7,7 mm), oder 8,2 mm (oder ungefähr 8,2 mm) liegen. In zumindest einem Ausführungsbeispiel kann die Blasenbreite (W-W) in dem Bereich von 1,7 mm (oder ungefähr 1,7 mm) und 8 mm (oder ungefähr 8 mm), wie beispielsweise 1,7 mm (oder ungefähr 1,7 mm), 3,2 mm (oder ungefähr 3,2 mm), 3,5 mm (oder ungefähr 3,5 mm), 4,0 mm (oder ungefähr 4,0 mm), 4,2 mm (oder ungefähr 4,2 mm), 5,2 mm (oder ungefähr 5,2 mm), 5,5 mm (oder ungefähr 5,5 mm), 6 mm (oder ungefähr 6 mm), 7 mm (oder ungefähr 7 mm), 7,5 mm (oder ungefähr 7,5 mm), oder 8 mm (oder ungefähr 8 mm) liegen.

[0150] Die Beziehung zwischen der Blasenlänge (H-H) und der Blasenbreite (W-W) kann als ein Verhältnis ausgedrückt werden. Ein Verhältnis der Blasenlänge (H-H) zur Blasenbreite (W-W) entsprechend 0 ist am wenigsten biegsam. Die Biegsamkeit erhöht sich mit ansteigendem Verhältnis. In zumindest einem Ausführungsbeispiel kann das Verhältnis der Blasenlänge (H-H) zur Blasenbreite (W-W) im Bereich von 0,15 (oder ungefähr 0,15) und 1,5 mm (oder ungefähr 1,5), wie beispielsweise 0,16 (oder ungefähr 0,16), 0,34 (oder ungefähr 0,34), 0,50 (oder ungefähr 0,50), 0,56 (oder ungefähr 0,56), 0,57 (oder ungefähr 0,57), 0,58 (oder ungefähr 0,

58), 0,67 (oder ungefähr 0,67), 0,68 (oder ungefähr 0,68), 0,73 (oder ungefähr 0,73), 0,85 (oder ungefähr 0,85), 1,1 (oder ungefähr 1,1), und 1,3 (oder ungefähr 1,3) liegen.

[0151] Es kann erwünscht sein, dass das Außenprofil des Wellschlauchs relativ glatt ist. Relative Glätte, wie sie in dieser Beschreibung verwendet wird, bezieht sich auf Rippen zwischen dem ersten langgestreckten Glied **203** und dem zweiten langgestreckten Glied **205** entlang der Länge des Verbundschlauchs **201**. Ein relativ glatter Wellschlauch besitzt flachere, dichter beabstandete oder andernfalls weniger betonte Rippen. Ein relativ glattes Profil kann in vorteilhafter Weise Geräusche verringern, wenn der Wellschlauch über ein Objekt, wie beispielsweise eine Schreibtisch- oder Tischkante gezogen wird.

[0152] Ein beispielhafter Parameter zum Quantifizieren der relativen Glätte ist die vertikale Entfernung zwischen einem äußeren radialen Scheitel **221** des ersten langgestreckten Glieds **203** und einem äußeren radialen Scheitel **223** des zweiten langgestreckten Glieds **205** eines Verbundschlauchs **201** (wie beispielsweise in Fig. 2H gezeigt). Wenn die Entfernung zwischen dem äußeren radialen Scheitel **221** und dem äußeren radialen Scheitel **223** abnimmt, fühlt sich der Verbundschlauch **201** relativ glatter an. In zumindest einem Ausführungsbeispiel liegt die vertikale Entfernung im Bereich von 1 mm (oder ungefähr 1 mm) und 4,6 mm (oder ungefähr 4,6 mm), wie beispielsweise 1,0 mm (oder ungefähr 1,0 mm), 1,1 mm (oder ungefähr 1,1 mm), 1,3 mm (oder ungefähr 1,3 mm), 1,4 mm (oder ungefähr 1,4 mm), 1,6 mm (oder ungefähr 1,6 mm), 1,9 mm (oder ungefähr 1,9 mm), 2,0 mm (oder ungefähr 2,0 mm), 2,3 mm (oder ungefähr 2,3 mm), 2,4 mm (oder ungefähr 2,4 mm), 3,0 mm (oder ungefähr 3,0 mm), 3,3 mm (oder ungefähr 3,3 mm), oder 4,6 mm (oder ungefähr 4,6 mm). Es ist ebenfalls möglich, die relative Glätte als die vertikale Entfernung zwischen einem äußeren radialen Scheitelpunkt **221** des ersten langgestreckten Glieds **203** und einem äußeren radialen Tiefstpunkt **225** des zweiten langgestreckten Glieds **205** des Verbundschlauchs **201** zu quantifizieren. Beispielsweise kann die vertikale Entfernung 1,5 mm (oder ungefähr 1,5 mm) betragen.

[0153] Ein weiterer beispielhafter Parameter zur Quantifizierung der relativen Glätte ist das Verhältnis der vertikalen Entfernung zwischen einem radialen Scheitelpunkt **221** des ersten langgestreckten Glieds **203** und einem radialen Scheitelpunkt **223** (oder einem radialen Tiefstpunkt **225**) des zweiten langgestreckten Glieds **205** des Verbundschlauchs **201** zu dem maximalen Außendurchmesser des Verbundschlauchs **201** (d. h. von dem äußeren radialen Scheitelpunkt **221** zu dem äußeren radialen Scheitelpunkt **221** auf der gegenüberliegenden Seite des Schlauchs **201**). Wenn der maximale Außendurchmesser ansteigt, hat die vertikale Entfernung zwischen dem äußeren radialen Scheitelpunkt **221** und dem äußeren radialen Scheitelpunkt **223** oder dem Tiefstpunkt **225** einen geringeren Effekt auf die relative Glätte. In zumindest einem Ausführungsbeispiel liegt das Verhältnis in dem Bereich von 0,04 bis 0,18, wie beispielsweise 0,04, 0,05, 0,07, 0,08, 0,09, 0,10, 0,11, 0,12, 0,16, 0,17 oder 0,18 oder ungefähr dort.

[0154] Als ein weiteres Beispiel kann die Entfernung zwischen entsprechenden Punkten von einer Windung zur nächsten (d. h. der Teilungsabstand) ausgewählt werden, um die relative Glätte zu quantifizieren. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann der Teilungsabstand im Bereich von 2,1 mm (oder ungefähr 2,1 mm) und 9,5 mm (oder ungefähr 9,5 mm), wie beispielsweise 2,1 mm (oder ungefähr 2,1 mm), 3,8 mm (oder ungefähr 3,8 mm), 4,8 mm (oder ungefähr 4,8 mm), 5,1 mm (oder ungefähr 5,1 mm), 5,5 mm (oder ungefähr 5,5 mm), 5,8 mm (oder ungefähr 5,8 mm), 6,4 mm (oder ungefähr 6,4 mm), 7,5 mm (oder ungefähr 7,5 mm), 8,1 mm (oder ungefähr 8,1 mm), oder 9,5 mm (oder ungefähr 9,5 mm) liegen.

[0155] Das Verhältnis des Teilungsabstands des Verbundschlauchs **201** zur vertikalen Entfernung zwischen dem radialen Scheitelpunkt **221** des ersten langgestreckten Glieds **203** und einem radialen Scheitelpunkt **223** des zweiten langgestreckten Glieds **205** des Verbundschlauchs **201** kann ausgewählt werden, um die relative Glätte zu quantifizieren. In bestimmten Ausführungsbeispielen liegt das Verhältnis in dem Bereich von 1,3 (oder ungefähr 1,3) und 4,8 (oder ungefähr 4,8), wie beispielsweise 1,31 (oder ungefähr 1,31), 1,76 (oder ungefähr 1,76), 2,39 (oder ungefähr 2,39), 2,42 (oder ungefähr 2,42), 2,53 (oder ungefähr 2,53), 2,71 (oder ungefähr 2,71), 2,75 (oder ungefähr 2,75), 3,26 (oder ungefähr 3,26), 3,75 (oder ungefähr 3,75), 4,13 (oder ungefähr 4,13), 4,64 (oder ungefähr 4,64), oder 4,75 (oder ungefähr 4,75). Das Verhältnis des Teilungsabstands zum maximalen Außendurchmesser kann ebenfalls ausgewählt werden, um die relative Glätte zu verbessern. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann das Verhältnis des Teilungsabstands zum Außendurchmesser des Schlauchs in dem Bereich von 0,10 (oder ungefähr 0,10) und 0,35 (oder ungefähr 0,32), wie beispielsweise 0,11 (oder ungefähr 0,11), 0,23 (oder ungefähr 0,23), 0,28 (oder ungefähr 0,28), 0,29 (oder ungefähr 0,29), 0,30 (oder ungefähr 0,30), 0,31 (oder ungefähr 0,31), oder 0,32 (oder ungefähr 0,32) liegen.

[0156] Wie vorangehend diskutiert, kann der hohle Teil des ersten langgestreckten Glieds **203** mit einem Fluid gefüllt sein, d. h. einer Flüssigkeit oder einem Gas. Das erste langgestreckte Glied **203** kann im Wesentlichen abgedichtet sein, um zu verhindern, dass die Menge des Fluids entweicht. Das erste langgestreckte Glied **203** kann an einem oder beiden Enden offen sein, um einen kontinuierlichen Strom der Flüssigkeit oder des Gases zu ermöglichen.

[0157] Das Gas kann Luft sein, die aufgrund ihrer geringen thermischen Leitfähigkeit ($2,62 \times 10^{-2}$ W/m-K bei 300 K) wünschenswert ist. Ein Gas das viskoser als Luft ist kann ebenfalls vorteilhafter Weise verwendet werden, da eine höhere Viskosität die Wärmeübertragung unter Bedingungen natürlicher Konvektion verringert. Folglich können Gase wie beispielsweise Argon ($17,72 \times 10^{-3}$ W/m-K bei 300 K), Krypton ($9,43 \times 10^{-3}$ W/m-K bei 300 K) und Xenon ($5,65 \times 10^{-3}$ W/m-K bei 300 K) die Isolierleistung erhöhen. Jedes dieser Gase ist nicht-toxisch, chemisch inert, feuerinhibierend und kommerziell verfügbar. Der hohle Teil des ersten langgestreckten Glieds **203** kann an beiden Enden des Schlauchs abgedichtet werden, was bewirkt, dass das Gas darin im Wesentlichen stagniert. Alternativ kann der hohle Teil eine sekundäre, pneumatische Verbindung, wie beispielsweise eine Druckprobeleitung sein, um eine Druckrückkopplung von dem Patientenende des Schlauchs an die Steuervorrichtung zu liefern.

[0158] Beispiele von Flüssigkeiten können Wasser oder andere biokompatible Flüssigkeiten mit einer hohen Wärmekapazität umfassen. Beispielsweise können Nanofluidе verwendet werden. Ein beispielhaftes Nanofluid mit geeigneter Wärmekapazität weist Wasser und Nanopartikel von Substanzen wie beispielsweise Aluminium auf.

[0159] Im Gebrauch kann das Fluid in dem hohlen Teil des ersten langgestreckten Glieds **203** so konfiguriert sein, dass es zur Messung von einer oder mehreren Eigenschaften des Schlauchs **201**, des ersten langgestreckten Glieds **203**, des zweiten langgestreckten Glieds **205** und/oder des Gases in dem Lumen **207** des Schlauchs **201** verwendet wird. In zumindest einem Ausführungsbeispiel kann der Druck des Gases, das entlang des Schlauchlumens passiert („Lumengas“) gemessen werden. Eine Referenzmessung des Drucks des Fluids in dem hohlen Teil des ersten langgestreckten Glieds **203** („Hohlfluid“) wird vorgenommen bevor das Lumengas zu zirkulieren beginnt. Während das Lumengas beginnt, durch den Schlauch **201** zu passieren, wird der Druck des Lumengases dazu neigen, einen proportionalen Druckanstieg des Hohlfluids innerhalb des ersten langgestreckten Glieds **203** zu bewirken. Durch Vergleichen einer Messung, die im Gebrauch gemacht wird, mit der Referenzmessung, kann der Druck des Lumengases innerhalb des Schlauchs **201** bestimmt werden. In einem anderen Ausführungsbeispiel wird ein Hohlfluid gewählt, das eine oder mehrere Eigenschaften basierend auf dem Betriebswärmebereich des Lumengases innerhalb des Schlauchs **201** verändert. Auf diese Weise kann durch Messen der Eigenschaft des Hohlfluids die Temperatur des Lumengases bestimmt werden. Beispielsweise kann ein Hohlfluid, das mit der Temperatur expandiert, verwendet werden. Im Gebrauch wird die Temperatur des Hohlfluids zur Temperatur des Lumengasstroms neigen. Indem dann der Druck des Hohlfluids gemessen wird, kann die Temperatur des Lumengases bestimmt werden. Dies kann besonders vorteilhaft sein, wenn es schwierig oder unerwünscht ist, die Temperatur des Lumengasstroms direkt zu messen.

[0160] In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist das Extrudat, das für das Bilden bzw. Formen des ersten langgestreckten Glieds **203** verwendet wird, ferner ein Mineralfüllmaterial auf. Das Extrudierverfahren wird nachfolgend detaillierter beschrieben. Talk oder wasserhaltiges Magnesiumsilikat ist ein geeignetes mineralisches Füllmaterial. Zusätzlich zu Talk umfassen andere geeignete mineralische Füllstoffe Calciumcarbonat, Calcium-Magnesium-Carbonat, wie beispielsweise Dolomit, Bariumsulfat, Wollastonit, Kaolin und Glimmererde, die jeweils einzeln oder Kombination beigelegt werden können. Geeignetes mineralisches Füllmaterial kann ebenfalls Partikelgrößen von weniger als 10 µm (oder ungefähr 10 µm) oder weniger als 2,5 µm (oder ungefähr 2,5 µm) besitzen.

[0161] Es wurde entdeckt, dass das Hinzufügen von mineralischem Füllmaterial zum Kunststoffextrudat die Steifigkeit des resultierenden, ersten langgestreckten Glieds **203** verringert. Die Steifigkeit bezeichnet die fühlbare Gummiartigkeit oder Klebrigkeit des Materials des ersten langgestreckten Glieds **203**. Ein klebrigeres Material fühlt sich gummiartiger als ein weniger klebriges Material an. Ein klebrigeres Material neigt auch dazu, an mehr ungewollter Materie anzuhaften, wie beispielsweise Schmutz oder Haare, als weniger klebriges Material. Zusätzlich wurde entdeckt, dass mineralisches Füllmaterial die Geräusche verringert, die der Schlauch macht, wenn er bewegt, gebogen usw. wird, und zwar indem das Ausmaß verringert wird, in dem benachbarte Blasen aneinander anhaften (und sich lösen), wenn sie um die Nähe einer Biegung herum zusammengedrückt (und entfaltet) werden.

[0162] Es wurde ebenfalls entdeckt, dass das Hinzufügen von mineralischem Füllmaterial zu dem Extrudat die Geräusche verringert, die entstehen wenn das erste langgestreckte Glied **203** über ein Objekt, wie beispielsweise die Kante eines Tisches oder Nachtschis gezogen wird. Das mineralische Füllmaterial kann helfen, das Geräusch bzw. den Klang innerhalb des umgebenden Polymers zu reflektieren, so dass der Klang nicht gerade durch dieses hindurch passiert. Die verbesserte Geräuschreflektion kann auch der Polymerphase eine bessere Möglichkeit einräumen, die Klang- bzw. Geräuschenergie zu absorbieren, wodurch das mineralische Füllmaterial eine intrinsische Geräuschdämpfung vorsieht. Das mineralische Füllmaterial kann ebenfalls die Härte des Kunststoffextrudats verringern und dadurch die Geräuschdämpfungseigenschaften verbessern.

[0163] In bestimmten Ausführungsbeispielen liegt das mineralische Füllmaterial im Bereich von 1,5 bis 10 (oder ungefähr 1,5 bis ungefähr 10) Gewichtsprozent des Gesamtextrudats. In bestimmten Ausführungsbeispielen liegt das mineralische Füllmaterial im Bereich von 1,5 bis 5 (oder ungefähr 1,5 bis ungefähr 5) Gewichtsprozent des Gesamtextrudats. In bestimmten Ausführungsbeispielen liegt das mineralische Füllmaterial im Bereich von 10 (oder ungefähr 10) Gewichtsprozent oder weniger des Gesamtextrudats. In bestimmten Ausführungsbeispielen liegt das mineralische Füllmaterial im Bereich von 5 (oder ungefähr 5) Gewichtsprozent oder weniger des Gesamtextrudats. In bestimmten Ausführungsbeispielen liegt das mineralische Füllmaterial im Bereich von 1,5 (oder ungefähr 1,5) Gewichtsprozent oder mehr des Gesamtextrudats.

[0164] In Fig. 2F bildet das erste langgestreckte Glied **203** im Längsquerschnitt eine Vielzahl von hohlen Blasen. In diesem Beispiel gibt es eine Vielzahl von Blasen und insbesondere zwei benachbarte Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205**. Diese Konfiguration ist detaillierter in Fig. 2G gezeigt. Wie beschrieben und an anderer Stelle in dieser Offenbarung gezeigt, können bestimmte Konfigurationen mehr als zwei, beispielsweise drei Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** implementieren.

[0165] Ausführungsbeispiele, die eine Vielzahl von benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** aufweisen, können vorteilhaft sein, und zwar aufgrund der Verbesserungen in der allgemeinen Schlauchbiegsamkeit bzw. -elastizität. Wie nachfolgend beschrieben, ist das im Wesentlichen feste, zweite langgestreckte Glied **205** im Allgemeinen weniger biegsam als das hohle, erste langgestreckte Glied **203**. Demgemäß weisen bestimmte Ausführungsbeispiele die Erkenntnis auf, dass die allgemeine Schlauchbiegsamkeit verbessert werden kann, indem die Anzahl der Blasen des ersten langgestreckten Glieds **203** zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** erhöht wird.

[0166] Ein weiterer Vorteil von Ausführungsbeispielen, die eine Vielzahl von benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** aufweisen, ist die verbesserte Erholung gegenüber Stauchen. Es wurde beobachtet, dass nach dem Stauchen Proben mit mehreren Blasen zwischen Windungen des ersten langgestreckten Glieds ihre Form schneller wiedererlangten als Proben mit einer einzelnen Blase zwischen Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203**.

[0167] Noch ein weiterer Vorteil von Ausführungsbeispielen, die eine Vielzahl von benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** aufweisen, ist ein verbesserter Widerstand gegenüber Stauchen. Der Stauchwiderstand ist eine mechanische Eigenschaft, die eine wichtige Rolle im Rückfederungsvermögen bzw. der Belastbarkeit des Schlauchs im Gebrauch spielt. Die Krankenhausumgebung kann rauh sein, da der Schlauch dem Stauchen durch einen Arm oder ein Bein des Patienten, Bettrahmen und anderer Ausrüstung ausgesetzt wird. Beispielhafte Stauchwiderstandseigenschaften werden nachfolgend detaillierter diskutiert.

[0168] Noch ein weiterer Vorteil der Mehrblasenkonfiguration ist, dass die Konfiguration die Fähigkeit vermittelt, zusätzliche Fluide zu halten oder zu transportieren. Wie vorangehend beschrieben, kann der hohle Teil des ersten langgestreckten Glieds **203** mit einem Gas gefüllt werden. Die mehreren diskreten Blasen oder hohlen Teile können mit mehreren diskreten Gasen gefüllt sein. Beispielsweise kann ein hohler Teil ein erstes Gas halten oder transportieren und ein zweiter hohler Teil kann als eine sekundäre pneumatische Verbindung verwendet werden, wie beispielsweise eine Druckprobenleitung zur Lieferung einer Druckrückkopplung von dem Patientenende des Schlauchs zu einer Steuervorrichtung. Als ein weiteres Beispiel können mehrere diskrete Blasen oder hohle Teile mit einer Kombination von Flüssigkeiten oder einer Kombination von Flüssigkeiten und Gasen gefüllt sein. Eine erste Blase kann ein Gas halten oder transportieren und eine zweite Blase kann beispielsweise eine Flüssigkeit halten oder transportieren. Geeignete Flüssigkeiten und Gase sind vorangehend beschrieben.

[0169] Es sollte erkannt werden, dass obwohl die Konfigurationen in **Fig. 2F** und **Fig. 2G** in bestimmten Ausführungsbeispielen bevorzugt sein können, dass andere Konfigurationen in anderen Ausführungsbeispielen, wie erwünscht, genutzt werden können.

Zweites langgestrecktes Glied

[0170] Wieder auf **Fig. 2A** und **Fig. 2B** Bezug nehmend, ist das zweite langgestreckte Glied **205** spiralförmig gewickelt und mit dem ersten langgestreckten Glied **203** zwischen Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** verbunden. Das zweite langgestreckte Glied **205** kann zumindest einen Teil des Lumens **207** des langgestreckten Schlauchs bilden. Das zweite langgestreckte Glied **205** wirkt als strukturelle Unterstützung für das erste langgestreckte Glied **203**.

[0171] CPAP-Maschinen wiegen üblicherweise im Bereich von 2 und 4 kg (oder ungefähr 2 und 4 kg). Folglich ist die Bruchfestigkeit des Verbundschlauchs **201** (die horizontale Zuglast oder Kraft, die erforderlich ist, um eine Trennung des ersten langgestreckten Glieds **203** und des zweiten langgestreckten Glieds **205** zu bewirken) wünschenswerter Weise hoch genug, um eine Trennung zu verhindern, wenn ein Benutzer versucht, den Verbundschlauch **201** zu verwenden, um eine CPAP-Maschine, die mit dem Verbundschlauch **201** verbunden ist, anzuheben. Folglich ist die Bruchfestigkeit vorzugsweise größer als 20 N (oder ungefähr 20 N) und bevorzugter Weise größer als 30 N (oder ungefähr 30 N). In bestimmten Ausführungsbeispielen liegt die Bruchfestigkeit im Bereich von 75 und 80 N (oder ungefähr 75 und 80 N). Die Streckfestigkeit (die maximale Beanspruchung, die entwickelt werden kann, ohne eine Kunststoffdeformation zu bewirken), kann im Bereich von 55 und 65 N (oder ungefähr 55 und 65 N) liegen. In bestimmten Ausführungsbeispielen wird sich der Verbundschlauch **201** nicht um mehr als 0,5 mm (oder ungefähr 0,5 mm) strecken (horizontal ablenken bzw. verformen), wenn eine laterale Kraft von 2 N angelegt wird.

[0172] In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist das zweite langgestreckte Glied **205** breiter an der Basis (nahe dem Lumen **207**) und schmaler an der Oberseite. Beispielsweise kann das zweite langgestreckte Glied im Allgemeinen eine dreieckige Form, im Allgemeinen eine T-Form oder im Allgemeinen eine Y-Form besitzen. Irgendeine Form, die die Konturen des entsprechenden, ersten langgestreckten Glieds **203** trifft, ist jedoch geeignet.

[0173] Vorzugsweise ist das zweite langgestreckte Glied **205** biegsam, um das Biegen des Schlauchs zu ermöglichen. Wünschenswerter Weise ist das zweite langgestreckte Glied **205** weniger biegsam als das erste langgestreckte Glied **203**. Dies verbessert die Fähigkeit des zweiten langgestreckten Glieds **205** das erste langgestreckte Glied **203** strukturell zu unterstützen. Beispielsweise beträgt der Modul des zweiten langgestreckten Glieds **205** vorzugsweise 30–50 MPa (oder ungefähr 30–50 MPa). Der Modul des ersten langgestreckten Glieds **203** ist geringer als der Modul des zweiten langgestreckten Glieds **205**. Das zweite langgestreckte Glied **205** kann fest oder hauptsächlich fest sein.

[0174] **Fig. 6A** zeigt einen Längsquerschnitt eines Verbundschlauchs **201** in einer neutralen Position. **Fig. 6A** fokussiert sich auf eine Windung oder Blase des ersten langgestreckten Glieds **203** und zwei Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205**. Das erste langgestreckte Glied **203** und das zweite langgestreckte Glied **205** haben einen radial äußersten Verbindungspunkt **601**. In diesem Beispiel ist der innere Teil **211** des ersten langgestreckten Glieds **203** dünner als der äußere Teil **219** des ersten langgestreckten Glieds **203**. Ebenfalls in diesem Beispiel weist das zweite langgestreckte Glied **205** einen dreieckigen Querschnitt auf. Das Lumen **207** ist unter der Basis des ersten langgestreckten Glieds **203** und des zweiten langgestreckten Glieds **205** gelegen. **Fig. 6B** zeigt den Verbundschlauch **201** der **Fig. 6A** in einer gebogenen Position, in der der Verbundschlauch **201** in eine n-Form (wie in **Fig. 6C** gezeigt) gebogen worden ist. **Fig. 6B** fokussiert sich wieder auf eine Windung oder Blase des ersten langgestreckten Glieds **203** und zwei Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205**. Insbesondere fokussiert sich **Fig. 6B** auf die Windung oder die Blase des ersten langgestreckten Glieds **203** an der Oberseite der n-Form, d. h. der Position der maximalen Biegung. Der Krümmungsradius des Verbundschlauchs **201** wird durch die Länge des Abschnitts des äußeren Teils **219** zwischen benachbarten äußersten Verbindungspunkten **601** beschränkt. Wenn der Verbundschlauch **201** über den minimalen Krümmungsradius hinaus gebogen wird, bildet die äußere Wand Einsackstellen **605**, wie in **Fig. 6D** gezeigt.

[0175] Eine Vielzahl von Polymeren und Kunststoffen, einschließlich Kunststoffen medizinischer Güte sind für den Körper des zweiten langgestreckten Glieds **205** geeignet. Beispiele geeigneter Materialien umfassen Polyolefinelastomere, Polyether-Blockamide, thermoplastische Co-Polyester-Elastomere, EPDM-Polypropylen-Mischungen und thermoplastische Polyurethane. In bestimmten Ausführungsbeispielen können das erste

langgestreckte Glied **203** und das zweite langgestreckte Glied **205** aus dem gleichen Material bestehen. Das zweite langgestreckte Glied **205** kann ebenfalls aus einem Material mit unterschiedlicher Farbe als das erste langgestreckte Glied **203** bestehen und kann transparent, durchscheinend bzw. lichtdurchlässig oder undurchsichtig sein. Beispielsweise kann in einem Ausführungsbeispiel das erste langgestreckte Glied **203** aus einem klaren Kunststoff bestehen und das zweite langgestreckte Glied **205** kann aus einem undurchsichtigen blauen, schwarzen oder andersfarbigen Kunststoff bestehen.

[0176] Diese Spiralwickelstruktur weist einen biegsamen Hohlkörper und eine integrale Unterstützung auf, die einen Stauchwiderstand vorsieht, während die Schlauchwand ausreichend biegsam gelassen wird, um ein Biegen mit geringem Radius ohne Abknicken, Verstopfen oder Zusammenklappen zu ermöglichen. Vorzugsweise kann der Schlauch um einen Metallzylinder mit 25 mm Durchmesser gebogen werden, und zwar ohne Abknicken, Verstopfen oder Zusammenklappen, wie dies in dem Test zur Erhöhung des Strömungswiderstands durch Biegen gemäß ISO 5367:2000(E) definiert ist.

[0177] Dieser Aufbau kann ebenfalls eine glatte Oberfläche des Lumens **207** vorsehen, was hilft, den Schlauch frei von Ablagerungen zu halten und den Gasstrom zu verbessern. Es wurde herausgefunden, dass der Hohlkörper hilft, die Isoliereigenschaften eines Schlauchs zu verbessern, während ermöglicht wird, dass der Schlauch leichtgewichtig bleibt.

[0178] In einigen Ausführungsbeispielen kann das zweite langgestreckte Glied **205** aus einem Material bestehen, das Wasser anzieht. Beispielsweise kann ein absorbierendes, schwammartiges Material verwendet werden. In einigen Ausführungsbeispielen kann das zweite langgestreckte Glied **205** mit einer Wasserquelle, wie beispielsweise einem Wassersack, verbunden sein. Im Gebrauch würde Wasser entlang zumindest eines Teils der Länge des zweiten langgestreckten Glieds **205** (vorzugsweise im Wesentlichen der gesamten Länge) befördert werden. Wenn Gas entlang des zweiten langgestreckten Glieds **205** passiert, wird Wasserdampf dazu neigen durch die Gase in dem Lumen **207** aufgenommen zu werden, wodurch der Gasstrom befeuchtet wird.

[0179] In einigen Ausführungsbeispielen können einer oder mehrere Heizfäden **215**, die in das zweite langgestreckte Glied **205** eingebettet sind, wie in **Fig. 2B** gezeigt, gesteuert werden, um die Verdunstungsrate zu verändern und um dadurch den Befeuchtungsgrad zu verändern, der durch den Gasstrom vorgesehen wird. Obwohl **Fig. 2B** speziell Heizfäden **215** zeigt, sollte verstanden werden, dass das zweite langgestreckte Glied **205** andere leitende Materialien einkapseln oder unterbringen kann, wie beispielsweise einen oder mehrere Fasern bzw. Fäden, und insbesondere Sensoren (nicht gezeigt). Derartige leitende Materialien können in dem zweiten langgestreckten Glied **205** zum Erwärmen oder Abfühlen des Gasstroms angeordnet sein. Heizfäden **215** können die kalten Oberflächen minimieren, auf denen sich Kondensat von der feuchtigkeitsbeladenen Luft bilden kann. Heizfäden **215** können ebenfalls verwendet werden, um das Temperaturprofil der Gase in dem Lumen **207** des Verbundschlauchs **201** zu verändern.

[0180] In dem Beispiel der **Fig. 2B** sind zwei Heizfäden **215** in dem zweiten langgestreckten Glied **205** eingekapselt, und zwar einer auf jeder Seite des vertikalen Teils des „T“. Die Heizfäden **215** weisen leitendes Material auf, wie beispielsweise Legierungen aus Aluminium (Al) und/oder Kupfer (Cu) oder ein leitendes Polymer. Vorzugsweise wird das Material, das das zweite langgestreckte Glied **205** bildet so ausgewählt, dass es nicht mit dem Metall in den Heizfäden **215** reagiert, wenn die Heizfäden **215** ihre Betriebstemperatur erreichen. Die Fäden **215** können von dem Lumen **207** so beabstandet sein, dass die Fäden bzw. Fasern nicht zu dem Lumen **207** hin freigelegt sind. An einem Ende des Verbundschlauchs können Paare von Fasern in eine Verbindungsschleife geformt sein.

[0181] In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist eine Vielzahl von Fasern in dem zweiten langgestreckten Glied **205** angeordnet. Die Fasern können elektrisch miteinander verbunden sein, um eine gemeinsame Bahn zu teilen. Beispielsweise kann eine erste Faser, wie beispielsweise ein Heizfaden, auf einer ersten Seite des zweiten langgestreckten Glieds **205** angeordnet sein. Eine zweite Faser, wie beispielsweise eine Abtastfaser, kann auf einer zweiten Seite des zweiten langgestreckten Glieds **205** angeordnet sein. Eine dritte Faser, wie beispielsweise ein Erdungsfaden, kann zwischen den ersten und zweiten Fasern angeordnet sein. Die ersten, zweiten und/oder dritten Fasern können miteinander an einem Ende des zweiten langgestreckten Glieds **205** verbunden sein.

[0182] **Fig. 2E** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines anderen Verbundschlauchs. **Fig. 2E** weist die gleiche Ausrichtung wie **Fig. 2B** auf. In dem Beispiel der **Fig. 2E** sind die Heizfäden **215** weiter voneinander beabstandet als die Fasern bzw. Fäden **215** in **Fig. 2B**. Es wurde erkannt, dass das Erhöhen des Teilungsabstands zwischen den Heizfäden die Erwärmungseffizienz verbessern kann, und bestimmte Ausführungsbeispiele

rungsbeispiele weisen diese Realisierung auf. Die Erwärmungseffizienz bezeichnet das Verhältnis des Wärmebetrag, der in den Schlauch eingegeben wird, zu dem Energiebetrag, der aus dem Schlauch ausgegeben wird oder aus diesem rückgewinnbar ist. Allgemein gesagt, je größer die Energie (oder Wärme) ist, die an die Umgebungsatmosphäre aus dem Schlauch abgeleitet wurde, desto geringer ist die Erwärmungseffizienz. Für eine verbesserte Erwärmungsleistung können die Heizfäden **215** gleichmäßig (oder ungefähr gleichmäßig) entlang der Bohrung bzw. des Lochs des Schlauchs beabstandet sein. Alternativ können die Fäden **215** bei den Enden bzw. Extremitäten des zweiten langgestreckten Glieds **205** positioniert sein, was eine einfachere Herstellung vorsehen kann.

[0183] Als nächstes wird auf **Fig. 7A** bis **Fig. 7G** Bezug genommen, die beispielhafte Konfigurationen für das zweite langgestreckte Glied **205** demonstrieren. **Fig. 7A** zeigt einen Querschnitt eines zweiten langgestreckten Glieds **205** mit einer Form ähnlich der in **Fig. 2B** gezeigten T-Form. In diesem beispielhaften Ausführungsbeispiel weist das zweite langgestreckte Glied **205** keine Heizfäden auf. Andere Formen des zweiten langgestreckten Glieds **205** können ebenfalls genutzt werden, einschließlich Variationen der T-Form, wie nachfolgend beschrieben, und dreieckigen Formen.

[0184] **Fig. 7B** zeigt ein weiteres beispielhaftes, zweites langgestrecktes Glied **205** mit einem T-förmigen Querschnitt. In diesem Beispiel sind Heizfäden **215** in Einschnitten **701** in dem zweiten langgestreckten Glied **205** auf jeder Seite des vertikalen Teils des „T“ eingebettet. In einigen Ausführungsbeispielen können die Einschnitte **701** in dem zweiten langgestreckten Glied **205** während der Extrusion geformt werden. Die Einschnitte **701** können alternativ in dem zweiten langgestreckten Glied **205** nach der Extrusion geformt werden. Beispielsweise kann ein Schneidwerkzeug die Einschnitte in dem zweiten langgestreckten Glied **205** formen. Vorzugsweise werden die Einschnitte durch die Heizfäden **215** geformt, während diese in das zweite langgestreckte Glied **205** kurz nach der Extrusion gepresst oder gezogen (mechanisch befestigt) werden, während das zweite langgestreckte Glied **205** relativ weich ist. Alternativ kann einer oder können mehrere Heizfäden auf der Basis des langgestreckten Glieds angebracht (z. B. angehaftet, gebondet, oder teilweise eingebettet) werden, so dass die Faser(n) zu dem Lumen des Schlauchs hin freigelegt sind. In derartigen Ausführungsbeispielen kann es erwünscht sein, die Faser(n) in einer Isolierung einzufassen, um das Risiko von Feuer zu reduzieren, wenn ein entflammbares Gas, wie beispielsweise Sauerstoff durch das Lumen des Schlauchs passiert.

[0185] **Fig. 7C** zeigt noch ein weiteres Beispiel des zweiten langgestreckten Glieds **205** im Querschnitt. Das zweite langgestreckte Glied **205** weist eine im Allgemeinen dreieckige Form auf. In diesem Beispiel sind die Heizfäden **215** auf gegenüberliegenden Seiten des Dreiecks eingebettet.

[0186] **Fig. 7D** zeigt noch ein weiteres Beispiel des zweiten langgestreckten Glieds **205** im Querschnitt. Das zweite langgestreckte Glied **205** weist vier Nuten **703** auf. Die Nuten **703** sind Einbuchtungen oder Furchen in dem Querschnittprofil. In einigen Ausführungsbeispielen können die Nuten **703** die Bildung von Einschnitten (nicht gezeigt) zur Einbettung von Fasern (nicht gezeigt) ermöglichen. In einigen Ausführungsbeispielen ermöglichen die Nuten **703** die Positionierung der Fasern (nicht gezeigt), die in das zweite langgestreckte Glied **205** gepresst oder gezogen werden, und dadurch in diesem eingebettet werden. In diesem Beispiel ermöglichen vier Initiierungsnuten **703** die Anordnung von bis zu vier Fasern, beispielsweise vier Heizfäden, vier Abtastfäden, zwei Heizfäden und zwei Abtastfäden, drei Heizfäden und einem Abtastfaden, oder einem Heizfaden und drei Abtastfäden. In einigen Ausführungsbeispielen können die Heizfäden auf der Außenseite des zweiten langgestreckten Glieds **205** gelegen sein. Die Abtastfäden können auf der Innenseite gelegen sein.

[0187] **Fig. 7E** zeigt noch ein weiteres Beispiel des zweiten langgestreckten Glieds **205** im Querschnitt. Das zweite langgestreckte Glied **205** weist ein T-Form-Profil und eine Vielzahl von Nuten **303** zur Anordnung von Heizfäden auf.

[0188] **Fig. 7F** zeigt noch ein weiteres Beispiel des zweiten langgestreckten Glieds **205** im Querschnitt. Vier Fasern bzw. Fäden **214** sind in dem zweiten langgestreckten Glied **205** eingekapselt, und zwar zwei auf jeder Seite des vertikalen Teils des „T“. Wie nachfolgend detaillierter erläutert, sind die Fasern in dem zweiten langgestreckten Glied **205** eingekapselt, da das zweite langgestreckte Glied **205** um die Fasern herum extrudiert wurde. Keine Einschnitte wurden gebildet, um die Heizfäden **215** einzubetten. Da die Heizfäden **215** in dem zweiten langgestreckten Glied **105** eingekapselt sind, werden die Nuten **703** nicht verwendet, um die Bildung von Einschnitten zur Einbettung der Heizfäden zu ermöglichen. In diesem Beispiel können die Nuten **703** die Trennung der eingebetteten Heizfäden ermöglichen, was das Herausziehen der einzelnen Kerne einfacher macht, wenn beispielsweise die Heizfäden enden.

[0189] Fig. 7G zeigt noch ein weiteres Beispiel des zweiten langgestreckten Glieds **205** im Querschnitt. Das zweite langgestreckte Glied **205** weist eine im Allgemeinen dreieckige Form auf. In diesem Beispiel ist die Form des zweiten langgestreckten Glieds **205** der der Fig. 7C ähnlich, aber vier Fasern **215** sind in dem zweiten langgestreckten Glied **205** eingekapselt, von denen sich sämtliche zentral in dem unteren Drittel des zweiten langgestreckten Glieds befinden und entlang einer im Allgemeinen horizontalen Achse angeordnet sind.

[0190] Wie oben erläutert, kann es wünschenswert sein, die Entfernung zwischen den Fasern zu erhöhen, um die Erwärmungseffizienz zu verbessern. In einigen Ausführungsbeispielen können jedoch, wenn die Heizfäden **215** in dem Verbundschlauch **201** enthalten sind, die Heizfäden **215** relativ zentral in dem zweiten langgestreckten Glied **205** positioniert sein. Eine zentralisierte Position fördert die Robustheit des Verbundschlauchmaterials zur Wiederverwendung, teilweise aufgrund dessen, dass die Position die Wahrscheinlichkeit verringert, dass die Faser beim wiederholten Biegen des Verbundschlauchs **201** bricht. Die Zentralisierung der Fasern **215** kann ebenfalls das Risiko einer Entzündungsgefahr verringern, da die Fasern **215** mit Isolationsschichten bedeckt sind und aus dem Gaspfad entfernt sind.

[0191] Wie vorangehend erläutert, stellen einige Beispiele geeignete Anordnungen der Fasern **215** in dem zweiten langgestreckten Glied **205** dar. In den vorangehenden Beispielen, die mehr als eine Faser **215** aufweisen, sind die Fasern **215** im Allgemeinen entlang einer horizontalen Achse ausgerichtet. Alternative Konfigurationen sind ebenfalls geeignet. Beispielsweise können zwei Fasern entlang einer vertikalen Achse oder entlang einer diagonalen Achse ausgerichtet sein. Vier Fasern können entlang einer vertikalen Achse oder einer diagonalen Achse ausgerichtet sein. Vier Fasern können in einer Kreuzkonfiguration ausgerichtet sein, wobei eine Faser auf der Oberseite des zweiten langgestreckten Glieds angeordnet ist, eine Faser auf der Unterseite des zweiten langgestreckten Glieds (nahe dem Lumen des Schlauchs) angeordnet ist, und zwei Fasern auf gegenüberliegenden Armen eines „T“, „Y“ oder einer Dreiecksbasis angeordnet sind.

Abmessungen

[0192] Tabellen 3 und 4 zeigen beispielhafte Abmessungen medizinischer Schläuche, die hierin beschrieben sind, ebenso wie Bereich für diese Abmessungen. Die Abmessungen bezeichnen einen Transversalquerschnitt eines Schlauchs. In diesen Tabellen repräsentiert der Lumendurchmesser den Innendurchmesser eines Schlauchs. Der Teilungsabstand repräsentiert die Entfernung zwischen zwei Wiederholungspunkten, die axial entlang des Schlauchs gemessen werden, und zwar die Entfernung zwischen der Spitze der vertikalen Teile benachbarter „T“s des zweiten langgestreckten Glieds. Die Blasenbreite repräsentiert die Breite (maximaler Außendurchmesser) einer Blase. Die Blasenhöhe repräsentiert die Höhe einer Blase von dem Schlauchlumen aus. Die Wulsthöhe repräsentiert die maximale Höhe des zweiten langgestreckten Glieds von dem Schlauchlumen aus (z. B. die Höhe des vertikalen Teils des „T“). Die Wulstbreite repräsentiert die maximale Breite des zweiten langgestreckten Glieds (z. B. die Breite des horizontalen Teils des „T“). Die Blasendicke repräsentiert die Dicke der Blasenwand.

Tabelle 3

Merkmal	Säugling		Erwachsener	
	Abmessung (mm)	Bereich (±)	Abmessung (mm)	Bereich (±)
Lumendurchmesser	11	1	18	5
Teilungsabstand	4,8	1	7,5	2
Blasenbreite	4,2	1	7	1
Wulstbreite	2,15	1	2,4	1
Blasenhöhe	2,8	1	3,5	0,5
Wulsthöhe	0,9	0,5	1,5	0,5
Blasendicke	0,4	0,35	0,2	0,15

Tabelle 4

Merkmal	Säugling		Erwachsener	
	Abmessung (mm)	Bereich ($\pm$)	Abmessung (mm)	Bereich ($\pm$)
Lumendurchmesser	11	1	18	5
Teilungsabstand	4,8	1	7,5	2
Blasenbreite	4,2	1	7	1
Wulstbreite	2,15	1	3,4	1
Blasenhöhe	2,8	1	4,0	0,5
Wulsthöhe	0,9	0,5	1,7	0,5
Blasendicke	0,4	0,35	0,2	0,15

[0193] In einem weiteren beispielhaften Ausführungsbeispiel weist ein medizinischer Schlauch die ungefähren Abmessungen auf, die in Tabelle 5 gezeigt sind.

Tabelle 5

Merkmal	Abmessung (mm)
Teilungsabstand	6,4
Blasenbreite	5,5
Blasenhöhe	3,2
Blasendicke oben, am weitesten von Lumen entfernt (Außenwanddicke)	0,22
Blasendicke benachbart zu Lumen (Innenwanddicke)	0,16

[0194] In einem weiteren beispielhaften Ausführungsbeispiel weist ein medizinischer Schlauch die ungefähren Abmessungen auf, die in Tabelle 6 gezeigt sind.

Tabelle 6

Merkmal	Abmessung (mm)	Bereich ($\pm$)
Lumendurchmesser	17,2	5,0
Teilungsabstand	5,1	3,0
Blasenbreite	4,0	2,0
Wulstbreite	2,3	+3,0/-2,0
Blasenhöhe	2,7	+5,0/-2,0
Wulsthöhe	1,6	1,5
Blasendicke oben, am weitesten von Lumen entfernt (Außenwanddicke)	0,24	+0,20/-0,10
Blasendicke benachbart zu Lumen (Innenwanddicke)	0,10	+0,20/-0,05
Außendurchmesser des Schlauchs	22,5	3,0

[0195] Vorzugsweise entsprechen die niedrigen Enden der Bereiche der Tabelle 6 einander und die hohen Enden der Bereiche der Tabelle 6 entsprechen einander.

[0196] Die Ausführungsbeispiele der Tabellen 5 und 6 können besonders vorteilhaft für Schlafapnoe-Anwendungen sein.

[0197] Tabellen 7, 8 und 9 liefern beispielhafte Verhältnisse zwischen den Abmessungen der Schlauchmerkmale für die Schläuche, die in den Tabellen 3, 4 bzw. 6 beschrieben sind.

Tabelle 7

Verhältnisse	Säugling	Erwachsener
Lumendurchmesser:Teilungsabstand	2,3:1	2,4:1
Teilungsabstand:Blasenbreite	1,1:1	1,1:1
Teilungsabstand:Wulstbreite	2,2:1	3,1:1
Blasenbreite:Wulstbreite	2,0:1	2,9:1
Lumendurchmesser:Blasenhöhe	3,9:1	5,1:1
Lumendurchmesser:Wulsthöhe	12,2:1	12,0:1
Blasenhöhe:Wulsthöhe	3,1:1	2,3:1
Lumendurchmesser:Blasendicke	27,5:1	90,0:1

Tabelle 8

Verhältnisse	Säugling	Erwachsener
Lumendurchmesser:Teilungsabstand	2,3:1	2,4:1
Teilungsabstand:Blasenbreite	1,1:1	1,1:1
Teilungsabstand:Wulstbreite	2,2:1	2,2:1
Blasenbreite:Wulstbreite	2,0:1	2,1:1
Lumendurchmesser:Blasenhöhe	3,9:1	4,5:1
Lumendurchmesser:Wulsthöhe	12,2:1	10,6:1
Blasenhöhe:Wulsthöhe	3,1:1	2,4:1
Lumendurchmesser:Blasendicke	27,5:1	90,0:1

Tabelle 9

Verhältnisse	Wert
Lumendurchmesser:Abstand	3,4:1
Abstand: Blasenbreite	0,93:1
Abstand:Wulstbreite	2,2:1
Blasenbreite:Wulstbreite	1,7:1
Lumendurchmesser:Blasenhöhe	5,4:1
Lumendurchmesser:Wulsthöhe	10,8:1
Blasenhöhe:Wulsthöhe	1,7:1
Lumendurchmesser:Blasendicke oben, weitesten von Lumen	71,7:1
Lumendurchmesser:Blasendicke benachbart zu Lumen	172:1

Variabler Teilungsabstand und/oder variabler Durchmesser

[0198] Die vorangehende Beschreibung offenbart verschiedene Konfigurationen mit konstantem Teilungsabstand und konstantem Durchmesser. Bestimmte Ausführungsbeispiele können jedoch einen variablen Teilungsabstand und/oder variablen Durchmesser beinhalten.

[0199] Ein variabler Teilungsabstand kann wünschenswert sein, da er es besser ermöglichen kann, dass Wärme, die zu dem Gasstrom geliefert wird, entlang der Länge des Schlauchs variiert wird. Die Fähigkeit zu

steuern, wo die Wärme in einem Schlauch geliefert wird, kann verwendet werden, um die Ausregnung innerhalb des Schlauchs zu verringern. Beispielsweise kann ein Temperatureinstellpunkt am Ende des Schlauchs für eine gegebene Bedingung erreicht werden, jedoch unzureichend sein, um die Ausregnung innerhalb des Schlauchs zu verhindern, insbesondere bei oder nahe dem Einlass des Schlauchs, wo die Gastemperatur dicht an der Taupunkttemperatur (hohe relative Feuchte) liegen kann. Bestimmte Ausführungsbeispiele umfassen die Realisierung, dass die Umverteilung der Wärmequelle, um sie nahe des Eingangs des Schlauchs zu konzentrieren, helfen kann, um eine größere axiale Konzentration der Wärme in diesem Bereich, $Q(z)$ [W/m], wobei z der axiale Versatz des Schlauchs ist, beginnend bei dem Einheitenende, sicherzustellen.

[0200] Fig. 8A zeigt einen beispielhaften Verbundschlauch **201** mit variablem Teilungsabstand. In diesem Beispiel weist der Schlauch **201** einen kleineren Teilungsabstand nahe dem Einheitenende **801** auf. Folglich werden die Heizfäden **215** in diesem Bereich dichter beabstandet sind, was eine größere Erwärmung bei diesem Teil des Schlauchs **201** ebenso wie eine größere und genauere Temperatursteuerung ermöglicht. Der Schlauch **201** weist einen größeren Teilungsabstand bei dem Patientenende **803** auf. Die größere Beabstandung zwischen den Heizfäden **215** kann es ermöglichen, dass Gase in der Temperatur abnehmen, wenn sie sich dem Patienten annähern. Dies kann verhindern, dass der Patient Gase aufnimmt, die zu heiß sind und kann die Ausregnungsbildung verringern. Fig. 8B zeigt das Temperaturprofil des Verbundschlauchs der Fig. 8A. Andere Temperaturprofile sind ebenfalls möglich und können spezifisch angepasst werden, um spezifisch erwünschte Effekte zu erreichen.

[0201] Die Geometrie des Schlauchs **201** beeinflusst ebenfalls die mechanischen Eigenschaften des Schlauchs. Durch Erhöhen der Größe der Blasen des ersten langgestreckten Glieds wird die Biegsamkeit des Schlauchs **201** erhöht. Umgekehrt wird eine kleinere Blasengröße einen steiferen Bereich des Schlauchs **201** erzeugen. Durch Verändern der Biegsamkeit und Steifigkeit können die mechanischen Eigenschaften des Schlauchs **201** maßgeschneidert bzw. spezifisch angepasst werden. Durch Variieren des Durchmessers des Schlauchs **201** ist es möglich, einen kleineren Durchmesser nahe einer Patientenschnittstelle zu haben, was den Komfort für den Patienten erhöhen, die Ästhetik verbessern und die Zudringlichkeit der Schnittstelle verringern wird.

Zusätzliche Eigenschaften

[0202] Tabellen 10–13 zeigen einige beispielhafte Eigenschaften eines Verbundschlauchs (mit „A“ bezeichnet), der hierin beschrieben ist, der einen Heizfaden aufweist, der in dem zweiten langgestreckten Glied integriert ist. Zum Vergleich werden die Eigenschaften eines Wegwerfwellschlauchs des Modells RT100 von Fisher & Paykel (mit „B“ bezeichnet), der einen Heizfaden aufweist, der innerhalb der Bohrung bzw. dem Loch des Schlauchs schraubenförmig gewickelt ist, ebenfalls präsentiert.

[0203] Die Messung des Strömungswiderstands bzw. RTF (RTF = Resistance To Flow) wurde gemäß Annex A der ISO 5367:2000(E) ausgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Wie nachfolgend gesehen werden kann, ist der Strömungswiderstand für den Verbundschlauch niedriger als der Strömungswiderstand für den Schlauch des Modells RT100.

Tabelle 10

	Strömungswiderstand (cm H ₂ O)			
Strömungsrate (L/min)	3	20	40	60
A	0	0,05	0,18	0,38
B	0	0,28	0,93	1,99

[0204] Kondensat oder "Ausregnung" innerhalb des Schlauchs bezeichnet das Gewicht des Kondensats, das pro Tag bei einer Gasströmungsrate von 20 L/min und Raumtemperatur von 18°C gesammelt wird. Befeuchtete Luft wird durch den Schlauch kontinuierlich von einer Kammer aus geströmt. Die Schlauchgewichte werden vor und nach jedem Tag des Testens aufgezeichnet. Drei aufeinanderfolgende Tests werden ausgeführt, wobei der Schlauch zwischen jedem Test getrocknet wird. Die Ergebnisse sind nachfolgend in Tabelle 1 gezeigt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Ausregnung signifikant niedriger in dem Verbundschlauch als in dem Schlauch des Modells RT100 war.

Tabelle 11

Schlauch	A (Tag 1)	A (Tag 2)	A (Tag 3)	B (Tag 1)	B (Tag 2)	B (Tag 3)
Gewicht vorher (g)	136,20	136,70	136,70	111,00	111,10	111,10
Gewicht nachher (g)	139,90	140,00	139,20	190,20	178,80	167,10
Kondensatgewicht (g)	3,7	3,3	2,5	79,20	67,70	56,00

[0205] Die Leistungsanforderung bezeichnet die Leistung, die während des Kondensattests verbraucht wurde. In diesem Test wurde die Umgebungsluft auf 18°C gehalten. Die Befeuchtungskammern (siehe z. B. die Befeuchtungskammer **129** in **Fig. 1**) wurden mit Heizbasen MR850 angetrieben. Die Heizfäden in den Schläuchen wurden unabhängig von einer Gleichstrom-Leistungsversorgung angetrieben. Unterschiedliche Strömungsraten wurden eingestellt und die Kammer wurde belassen, um sich bei 37°C beim Kammerausgang einzupendeln. Dann wurde die Gleichstrom-Spannung der Schaltungen verändert, um eine Temperatur von 40°C beim Schaltungsausgang zu erzeugen. Die Spannung, die erforderlich war, um die Ausgangstemperatur beizubehalten, wurde aufgezeichnet und die resultierende Leistung berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Verbundschlauch A signifikant mehr Leistung als der Schlauch B verwendet. Dies deshalb, da Schlauch B einen spiralförmigen Heizfaden in dem Schlauchloch verwendet, um das Gas von 37°C auf 40°C zu erwärmen. Der Verbundschlauch neigt nicht dazu, Gas ebenso schnell zu erwärmen, da sich der Heizfaden in der Wand des Schlauchs befindet (in das zweite langgestreckte Glied eingebettet ist). Stattdessen ist der Verbundschlauch ausgelegt, um die Gastemperatur aufrecht zu erhalten und die Ausregnung zu verhindern, indem die Schlauchbohrung bzw. das Schlauchloch auf einer Temperatur oberhalb des Taupunkts des befeuchteten Gases gehalten wird.

Tabelle 12

Strömungsrate (L/min)	40	30	20
Schlauch A, erforderliche Leistung (W)	46,8	38,5	37,8
Schlauch B, erforderliche Leistung (W)	28,0	27,5	26,8

[0206] Die vertikale Ablenkung kann verwendet werden, um die Biegsamkeit des Verbundschlauchs zu quantifizieren. Die vertikale Ablenkung kann beispielsweise unter Verwendung eines Dreipunkt-Biegetests getestet werden. Eine erste Probe des Schlauchs A von 300 mm Länge und eine zweite Probe des Schlauchs B von 300 mm Länge wurden jeweils auf einer Biegsamkeitsschablone getestet. Ein Vorderansicht-Querschnitts-Schema der Biegsamkeitsschablone ist in **Fig. 9A** gezeigt. Die Schablone **901** verwendete eine 25-mm-Stange **903** mit einer festen Masse von 120 g, um eine Kraft auf jeden Schlauch **201** anzuwenden. Der zwischen zwei Rollen **905** und **907** positioniert wurde. Die Rollen waren 150 mm voneinander beabstandet. Die Kraft, die durch die Stange **903** ausgeübt wurde, betrug ungefähr 1,2 N ($0,12 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$). Ein detailliertes Vorderansicht-Querschnitts-Schema der Rollen **905** und **907** ist in **Fig. 9B** gezeigt. Beide Rollen **905** und **907** haben die gleichen Abmessungen, die in **Fig. 9B** gezeigt sind. Ein Instron 5560 Testsysteminstrument wurde verwendet, um die Last und Ausdehnung zu messen. Jede Schlauchprobe wurde drei Mal getestet, wobei die Ausdehnung des Schlauchs gegenüber der angelegten Last gemessen wurde, um entsprechende, durchschnittliche Steifigkeitskonstanten zu erhalten. Die durchschnittlichen Steifigkeitskonstanten für den Schlauch A und den Schlauch B sind in Tabelle 13 reproduziert.

Tabelle 13

Schlauch	Steifigkeit (N/mm)
A	0,028
B	0,088

[0207] Das Schlauchgewicht kann sehr wichtig sein, insbesondere für CPAP-Anwendungen. Wenn ein Patient ein geringeres Gewicht nahe dem Patientengesicht wahrnimmt, wird es für den Patienten während des Schlafs komfortabler sein. Ein leichter Verbundschlauch **201** wird nicht so viel an dem Kopf des Patienten in einer bestimmten Richtung ziehen wie ein schwererer Schlauch. Um den Patientenkomfort sicherzustellen, ist es möglich zu spezifizieren, dass die Gesamtmasse oder das -gewicht in einem Bereich nahe des Patientenendes des Verbundschlauchs **201** niedriger als ein spezifizierter Wert ist. In bestimmten Ausführungsbeispielen ist

die Schlauchmasse in den 300 mm, die am dichtesten an dem Patientenende sind, weniger als 24 g (oder ungefähr 24 g). Wünschenswerter Weise beträgt die Schlauchmasse in den 300 mm, die am dichtesten an dem Patientenende sind, weniger als 16 g (oder ungefähr 16 g). In bestimmten Ausführungsbeispielen beträgt die Schlauchmasse in den 300 mm, die am dichtesten an dem Patientenende sind, weniger als 15 g (oder ungefähr 15 g). Es ist ebenfalls möglich zu spezifizieren, dass die Gesamtmasse des Verbundschlauchs weniger als ein spezifizierter Wert beträgt. In bestimmten Ausführungsbeispielen beträgt die Schlauchmasse weniger als 130 g (oder ungefähr 130 g). Wünschenswerter Weise beträgt die Schlauchmasse weniger als 120 g (oder ungefähr 120 g). In bestimmten Ausführungsbeispielen beträgt die Schlauchmasse weniger als 100 g (oder ungefähr 100 g).

[0208] Die folgende Diskussion beschreibt nun zusätzliche Eigenschaften, die sich auf einen Verbundschlauch **201** mit zwei Blasen zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205**, wie oben diskutiert, beziehen.

[0209] Eine erste Schlauchprobe von 300 mm Länge, die zwei Blasen zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** aufweist und eine zweite Schlauchprobe von 300 mm Länge, die eine Blase zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** aufweist, wurden jeweils, wie oben diskutiert, auf der Biegsamkeitsschablone **901** getestet. Die vertikale Durchbiegung wurde unter Verwendung der Position des festen Gewichts in Bezug auf eine vertikale Halterung **909** der Biegsamkeitsschablone, die in den Photographien der **Fig. 9C** bis **Fig. 9F** gezeigt ist, gemessen.

[0210] **Fig. 9C** zeigt eine perspektivische Vorderansicht der zweiten Probe beim Testen in der Schablone **901**. **Fig. 9D** zeigt eine perspektivische Rückansicht der zweiten Probe beim Testen in der Schablone **901**. **Fig. 9E** zeigt eine perspektivische Vorderansicht der ersten Probe beim Testen in der Schablone **901**. **Fig. 9F** zeigt eine perspektivische Rückansicht der ersten Probe beim Testen in der Schablone **901**. Wie in **Fig. 9C** bis **Fig. 9F** gezeigt, hatte die zweite Probe, die in **Fig. 9E** und **Fig. 9F** gezeigt ist, eine wesentlich größere vertikale Durchbiegung als die erste Probe, die in **Fig. 9C** und **Fig. 9D** gezeigt ist. Genauer gesagt hatte die zweite Probe eine vertikale Durchbiegung von 3 mm, während die erste Probe viel biegsamer war, und zwar mit einer vertikalen Durchbiegung von 42 mm.

[0211] Das Testen des Stauchwiderstands wurde an vier Schlauchproben unter Verwendung eines Instron-Maschinen-Aufbaus, wie in der Photographie der **Fig. 10A** gezeigt, durchgeführt. Der Zylinder **1001** wurde von der Oberseite des Schlauchs mit einer Rate von 60 mm/min 16 mm abwärts getaucht. Die Instron-Maschine weist eine Kraftmesszelle auf, um in präziser Weise die Kraft zu messen, die auf eine Komponente ausgeübt wird versus der Ausdehnung. Die Last versus Ausdehnung wurde, wie in **Fig. 10B** gezeigt, abgebildet.

[0212] Die Stauchsteifigkeit für jede Probe wurde gefunden, indem eine Mittelwertsgerade auf die Daten der **Fig. 10B** gepasst und ihr Gradient berechnet wurde. Die berechnete Stauchsteifigkeit für jede Probe ist in Tabelle 14A gezeigt. In Tabelle 14A (und an anderer Stelle in dieser Offenbarung) bezeichnet der Ausdruck „Doppelblase“ eine Schlauchprobe, die zwei Blasen zwischen den Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** aufweist, wenn die Probe im Längsquerschnitt betrachtet wird. Der Ausdruck „Einzelblase“ bezeichnet eine Schlauchprobe, die eine einzelne Blase zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** aufweist, wenn die Probe im Längsquerschnitt betrachtet wird. Die durchschnittliche Stauchsteifigkeit (gemessen in N/mm) repräsentiert die durchschnittliche Maximalkraft pro Breiteneinheit, die kein Stauchen erzeugt.

Tabelle 14A

Probe	Stauchsteifigkeit (N/mm)	Durchschnitt
Doppelblase, Probe 1	3,26	3,21
Doppelblase, Probe 2	3,15	
Einzelblase, Probe 1	3,98	3,86
Einzelblase, Probe 2	3,74	

[0213] Wie in der vorangehenden Tabelle gezeigt, hatten Einzelblasenschläuche eine durchschnittliche Stauchsteifigkeit von 3,86 N/mm, während Doppelblasenschläuche eine durchschnittliche Stauchsteifigkeit von 3,21 N/mm hatten. Mit anderen Worten hatten die Doppelblasenschläuche einen ungefähr 16,8% niedrigeren Widerstand gegenüber dem Stauchen als die Einzelblasenschläuche. Nichtsdestotrotz wurde beobachtet,

dass die Stauchsteifigkeit pro Dickeneinheit für die Doppelblasenschläuche ungefähr 165% des Werts für die Einzelblasenschläuche betrug, wie nachfolgend in Tabelle 14B gezeigt.

Tabelle 14B

	Blasendicke (mm)	Stauchsteifigkeit (N/mm)	Steifigkeit/Blasendicke (N/mm ²)
Doppelblase	0,22	3,21	14,32
Einzelblase	0,43	3,86	8,70

[0214] Auf andere Weise ausgedrückt, wenn die äußere Blasendicke berücksichtigt wird, ist der Doppelblasenschlauch rund 65% mehr widerstandsfähig gegenüber Stauchen als die Einzelblasenschlauchvariante. Ähnlich den Blasen, die in **Fig. 2F** und **Fig. 2G** gezeigt sind, waren die getesteten Blasen in der Doppelblasenkonfiguration höher als sie breit waren, was zu mehr Material in der vertikalen Ebene führt. Folglich wird angenommen, dass die unerwartete Verbesserung des Stauchwiderstands pro Dickeneinheit der Blasen dem zusätzlichen vertikalen Netz zwischen Wulsten zugeschrieben werden kann, das in die Stauchrichtung wirkt.

[0215] Dehnungsversuche wurden ebenfalls an den Einzel- und Doppelblasenschlauchproben ausgeführt. Beide Proben waren 230 mm lang und wurden um 15 mm mit einer Rate von 10 mm/min langgestreckt. Die Kraft, die erforderlich war, um die Proben langzustrecken, wurde gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 14C gezeigt.

Tabelle 14C

Probe	Spitzenkraft bei 15 mm Ausdehnung (N)
Doppelblase	17,60
Einzelblase	54,65

[0216] Wie in Tabelle 14C gezeigt, war der Doppelblasenschlauch signifikant dehnbarer in der axialen (Längs-)Ebene. Es wird angenommen, dass der Anstieg in der Längsausdehnbarkeit besteht, da der Einzelblasenschlauch mehr Material zwischen den Wulsten besitzt, die in der axialen Ebene arbeiten.

Wärmeeigenschaften

[0217] In Ausführungsbeispielen eines Verbundschlauchs **201**, der einen Heizfaden **215** enthält, kann Wärme durch die Wände des ersten langgestreckten Glieds **203** verloren gehen, was zu einer ungleichen Erwärmung führt. Wie oben beschrieben, besteht ein Weg zur Kompensation dieser Wärmeverluste darin, eine externe Heizquelle an die Wände des ersten langgestreckten Glieds **203** anzulegen, die hilft, die Temperatur zu regulieren und dem Wärmeverlust entgegenzuwirken. Andere Verfahren zur Optimierung der Wärmeeigenschaften können jedoch auch verwendet werden.

[0218] Es sei wiederum auf die **Fig. 5A** bis **Fig. 5C** Bezug genommen, die beispielhafte Konfigurationen für die Blasenhöhe (d. h. die Querschnittshöhe des ersten langgestreckten Glieds **203**, gemessen von der Oberfläche, die zu dem inneren Lumen weist, bis zu der Oberfläche, die den maximalen Außendurchmesser bildet) zeigt, um die Wärmeeigenschaften zu verbessern.

[0219] Die Abmessungen der Blasen können so ausgewählt werden, dass sie den Wärmeverlust von dem Verbundschlauch **201** verringern. Im Allgemeinen erhöht das Erhöhen der Höhe der Blase den effektiven Wärmewiderstand bzw. die effektive Hitzebeständigkeit des Schlauchs **201**, da eine größere Blasenhöhe es ermöglicht, dass das erste langgestreckte Glied **203** mehr isolierende Luft hält. Es wurde jedoch erkannt, dass bei einer bestimmten Blasenhöhe Veränderungen in der Luftdichte eine Konvektion innerhalb des Schlauchs **201** bewirken, wodurch der Wärmeverlust erhöht wird. Ebenso wird bei einer bestimmten Blasenhöhe der Oberflächenbereich so groß, dass der Wärmeverlust durch die Oberfläche die Vorteile der erhöhten Höhe der Blase überwiegt. Bestimmte Ausführungsbeispiele berücksichtigen diese Erkenntnis.

[0220] Der Krümmungsradius und die Krümmung der Blase können für die Bestimmung der erwünschten Blasenhöhe nützlich sein. Die Krümmung eines Objekts ist als die Umkehrfunktion des Krümmungsradius dieses Objekts definiert. Daher gilt, dass je größer der Krümmungsradius eines Objekts ist, desto weniger

gekrümmt ist das Objekt. Beispielsweise würde eine flache Oberfläche einen Krümmungsradius von ∞ besitzen, und daher wäre die Krümmung 0.

[0221] Fig. 5A zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines Verbundschlauchs. Fig. 5A zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verbundschlauchs **201**, wobei die Blase eine große Höhe besitzt. In diesem Beispiel besitzt die Blase einen relativ kleinen Krümmungsradius und daher eine große Krümmung. Ebenfalls ist die Blase ungefähr drei bis vier Mal größer in der Höhe als die Höhe des zweiten langgestreckten Glieds **205**.

[0222] Fig. 5B zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines anderen Verbundschlauchs. Fig. 5B zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verbundschlauchs **201**, wo die Blase auf der Oberseite abgeflacht ist. In diesem Beispiel hat die Blase einen sehr großen Krümmungsradius aber eine kleine Krümmung. Ebenfalls weist die Blase ungefähr die gleiche Höhe wie das zweite langgestreckte Glied **205** auf.

[0223] Fig. 5C zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines anderen Verbundschlauchs. Fig. 5C zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verbundschlauchs **201**, bei dem die Breite der Blase größer als die Höhe der Blase ist. In diesem Beispiel hat die Blase einen Krümmungsradius und die Krümmung zwischen der der Fig. 5A und der Fig. 5B, und die Mitte des Radius für den oberen Teil der Blase ist außerhalb der Blase (verglichen mit Fig. 5A). Die Wendepunkte der linken und rechten Seiten der Blase sind ungefähr bei der Mitte (in der Höhenrichtung) der Blase (im Gegensatz zu in dem unteren Teil der Blase, wie in Fig. 5A). Ebenso beträgt die Höhe der Blase ungefähr das Doppelte der des zweiten langgestreckten Glieds **205**, was zu einer Blasenhöhe zwischen der der Fig. 5A und der Fig. 5B führt.

[0224] Die Konfiguration der Fig. 5A führt zu dem niedrigsten Wärmeverlust von dem Schlauch. Die Konfiguration der Fig. 5B führte zu dem höchsten Wärmeverlust von dem Schlauch. Die Konfiguration der Fig. 5C hatte einen mittleren Wärmeverlust zwischen den Konfigurationen der Fig. 5A und Fig. 5B. Der große externe Oberflächenbereich und die Konvektionswärmeübertragung in der Konfiguration der Fig. 5A führte jedoch zu einer ineffizienten Erwärmung. Folglich wurde von den drei Blasenarrangements der Fig. 5A–Fig. 5C bestimmt, dass Fig. 5C die besten Wärmeeigenschaften als Ganzes besitzt. Die praktische Implikation dieser Wärmeeffizienz ist, dass wenn die gleiche thermische Energie in die drei Schläuche eingegeben wurde, die Konfiguration der Fig. 5C den größten Temperaturanstieg entlang der Länge des Schlauchs ermöglichte. Die Blase der Fig. 5C ist ausreichend groß, um das isolierende Luftvolumen zu erhöhen, aber nicht groß genug, um einen signifikanten Konvektionswärmeverlust zu verursachen. Es wurde bestimmt, dass die Konfiguration der Fig. 5B die schlechtesten Wärmeeigenschaften besitzt, und zwar dass die Konfiguration der Fig. 5B den kleinsten Temperaturanstieg entlang der Länge des Schlauchs ermöglichte. Die Konfiguration der Fig. 5A hatte mittlere Wärmeeigenschaften und ermöglichte einen niedrigeren Temperaturanstieg als die Konfiguration der Fig. 5C.

[0225] Es sollte erkannt werden, dass obwohl die Konfiguration der Fig. 5C in bestimmten Ausführungsbeispielen bevorzugt sein kann, können andere Konfigurationen, einschließlich der der Fig. 5A, Fig. 5B und andere Variationen in anderen Ausführungsbeispielen genutzt werden, wenn dies erwünscht ist.

[0226] Tabelle 15 zeigt die Höhe der Blase, den Außendurchmesser des Schlauchs und den Krümmungsradius der Konfigurationen, die jeweils in den Fig. 5A, Fig. 5B und Fig. 5C gezeigt sind.

Tabelle 15

Schlauch (Fig.)	5A	5B	5C
Blasenhöhe (mm)	3,5	5,25	1,75
Außendurchmesser (mm)	21,5	23,25	19,75
Krümmungsradius (mm)	5,4	3,3	24,3

[0227] Tabelle 16A zeigt die Höhe der Blase, den Außendurchmesser und den Krümmungsradius weiterer Konfigurationen, wie sie in Fig. 11A, Fig. 11B und Fig. 11C gezeigt sind.

Tabelle 8A

Schlauch (Fig.)	10A	10B	10C
Blasenhöhe (mm)	6,6	8,4	9,3
Außendurchmesser (mm)	24,6	26,4	27,3
Krümmungsradius (mm)	10	8,7	5,7

[0228] Es sei bemerkt, dass im Allgemeinen je kleiner der Krümmungsradius ist, desto enger der Schlauch um sich selbst gebogen werden kann, ohne dass die Blase kollabiert oder „abknickt“. Beispielsweise zeigt **Fig. 11D** einen Schlauch, der über seinen Krümmungsradius hinaus gebogen worden ist (genauer gesagt, zeigt diese den Schlauch der **Fig. 11A** der um einen Krümmungsradius von 5,7 mm gebogen ist), wodurch ein Abknicken in den Wänden der Blase bewirkt wird. Ein Abknicken ist im Allgemeinen unerwünscht, da es das Aussehen des Schlauchs beeinträchtigt und die Wärmeeigenschaften des Schlauchs verschlechtern kann.

[0229] Demgemäß können in einigen Anwendungen die Konfigurationen mit erhöhten Biegeeigenschaften (wie diejenigen, die in **Fig. 5A** oder **Fig. 5B** gezeigt sind), erwünscht sein, obwohl sie weniger effiziente Wärmeeigenschaften besitzen. In einigen Anwendungen wurde gefunden, dass ein Schlauch mit einem Außendurchmesser von 25 mm bis 26 mm (oder ungefähr 25 mm bis ungefähr 26 mm) eine zufriedenstellende Leistung liefert. Es sollte erkannt werden, dass obwohl die Konfigurationen der **Fig. 5A** und **Fig. 5B** in bestimmten Ausführungsbeispielen bevorzugt sein können, andere Konfigurationen einschließlich von denjenigen der **Fig. 11A–Fig. 11D** und andere Variationen in anderen Ausführungsbeispielen genutzt werden können, wenn dies erwünscht ist.

[0230] Bezug wird wiederum auf die **Fig. 5C** bis **Fig. 5F** genommen, die eine beispielhafte Positionierung des Heizelements **215** mit ähnlichen Blasenformen demonstrieren, um die Wärmeeigenschaften zu verbessern. Die Position des Heizelements **215** kann die Wärmeeigenschaften innerhalb des Verbundschlauchs **201** verändern.

[0231] **Fig. 5C** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines anderen Verbundschlauchs. **Fig. 5C** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verbundschlauchs **201**, bei dem die Heizelemente **215** zentral in dem zweiten langgestreckten Glied **205** gelegen sind. Dieses Beispiel zeigt die Heizelemente **215** dicht aneinander und nicht dicht an der Blasenwand.

[0232] **Fig. 5D** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines weiteren Verbundschlauchs. **Fig. 5D** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verbundschlauchs in dem die Heizelemente **215** weiter voneinander beabstandet sind, verglichen mit der **Fig. 5C**, in dem zweiten langgestreckten Glied **205**. Diese Heizelemente sind dichter an der Blasenwand und liefern eine bessere Regulierung der Wärme innerhalb des Verbundschlauchs **201**.

[0233] **Fig. 5E** zeigt einen Längsquerschnitt des oberen Teils eines anderen Verbundschlauchs. **Fig. 5E** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verbundschlauchs **201**, wobei die Heizelemente **215** übereinander in der vertikalen Achse des zweiten langgestreckten Glieds **205** beabstandet sind. In diesem Beispiel sind die Heizelemente **215** gleich dicht zu jeder Blasenwand.

[0234] **Fig. 5F** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines weiteren Verbundschlauchs. **Fig. 5F** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verbundschlauchs **201**, wobei die Heizelemente **215** an gegenüberliegenden Enden des zweiten langgestreckten Glieds **205** beabstandet bzw. in Abständen angeordnet sind. Die Heizelemente **215** sind dicht an der Blasenwand, insbesondere verglichen mit den **Fig. 5C–Fig. 5E**.

[0235] Von den vier Faseranordnungen der **Fig. 5C–Fig. 5F**, wurde bestimmt, dass die **Fig. 5F** die besten Wärmeeigenschaften aufweist. Aufgrund ihrer ähnlichen Blasenformen erfahren sämtliche der Konfigurationen einen ähnlichen Wärmeverlust aus dem Schlauch. Wenn jedoch die gleiche thermische Energie in die Schläuche eingebracht wurde, ermöglichte die Faden- bzw. Faserkonfiguration der **Fig. 5F** den größten Temperaturanstieg entlang der Länge des Schlauchs für die Hauptgastemperatur innerhalb des Schlauchs. Es wurde bestimmt, dass die Konfiguration der **Fig. 5D** die nächst besten Wärmeeigenschaften aufweist und den nächst größten Temperaturanstieg entlang der Länge des Schlauchs ermöglichte. Die Konfiguration der **Fig. 5C** schnitt als nächst bestes ab. Die Konfiguration der **Fig. 5E** hatte die schlechteste Leistung und ermög-

lichte den geringsten Temperaturanstieg entlang der Länge des Schlauchs, wenn die gleiche Wärmemenge eingebracht wurde.

[0236] Es sollte erkannt werden, dass obwohl die Konfiguration der **Fig. 5F** in bestimmten Ausführungsbeispielen bevorzugt sein kann, andere Konfigurationen, einschließlich denen der **Fig. 5C**, **Fig. 5D**, **Fig. 5E** und andere Variationen in anderen Ausführungsbeispielen, wie erwünscht, genutzt werden können.

[0237] Als nächstes wird auf die **Fig. 12A** bis **Fig. 12C** Bezug genommen, die beispielhafte Konfigurationen zur Stapelung des ersten langgestreckten Glieds **203** demonstrieren. Es wurde entdeckt, dass die Wärmeverteilung in bestimmten Ausführungsbeispielen durch Stapeln mehrerer Blasen verbessert werden kann. Diese Ausführungsbeispiele können vorteilhafter sein, wenn ein interner Heizfaden **215** verwendet wird. **Fig. 12A** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines weiteren Verbundschlauchs. **Fig. 12A** zeigt einen Querschnitt eines Verbundschlauchs **201** ohne irgendeine Stapelung.

[0238] **Fig. 12B** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines weiteren Verbundschlauchs. **Fig. 12B** zeigt einen weiteren beispielhaften Verbundschlauch **201** mit gestapelten Blasen. In diesem Beispiel sind zwei Blasen aufeinander gestapelt, um das erste langgestreckte Glied **203** zu bilden. Verglichen mit **Fig. 12A** wird die Gesamtblasenhöhe beibehalten, aber der Blasenabstand ist die Hälfte der **Fig. 12A**. Ebenso weist das Ausführungsbeispiel in **Fig. 12B** nur eine kleine Verringerung des Luftvolumens auf. Die Stapelung der Blasen reduziert die natürliche Konvektion und die Wärmeübertragung in dem Spalt zwischen den Blasen **214** und senkt den Wärmewiderstand im Ganzen. Der Wärmeflusspfad steigt in den gestapelten Blasen an, was es ermöglicht, dass sich die Wärme einfacher durch den Verbundschlauch **201** verteilt.

[0239] **Fig. 12C** zeigt einen Längsquerschnitt eines oberen Teils eines weiteren Verbundschlauchs. **Fig. 12C** zeigt ein weiteres Beispiel eines Verbundschlauchs **201** mit gestapelten Blasen. In diesem Beispiel sind drei Blasen aufeinander gestapelt, um das erste langgestreckte Glied **203** zu bilden. Verglichen mit **Fig. 12A** wird die Gesamtblasenhöhe beibehalten, aber der Blasenabstand beträgt ein Drittel der **Fig. 12A**. Das Ausführungsbeispiel in **Fig. 12B** weist ebenfalls nur eine leichte Verringerung des Luftvolumens auf. Die Stapelung der Blasen verringert die natürliche Konvektion und die Wärmeübertragung in dem Spalt zwischen den Blasen **213**.

[0240] Jetzt auf **Fig. 13** Bezug nehmend, sind zusätzliche mögliche Eigenschaften des zweiten langgestreckten Glieds **205** gezeigt. Das zweite langgestreckte Glied **205** weist eines oder mehrere koaxiale Kabel **1301** mit einem Leiter **1303**, der durch eine Isolationsschicht **1305** umgeben ist, eine Abschirmschicht **1307**, und eine Einhüllschicht **1309** auf. In bestimmten Ausführungsbeispielen können eines oder mehrere Kabel **1301** multi-axiale Kabel sein, d. h. mehrere Leiter **1303** aufweisen, die innerhalb der Isolationsschicht **1305** angeordnet sind. Auf diese Weise kann eine einzelne Anordnung, die mehrere Drähte enthält (einschließlich Heizdrähten und/oder Sensordrähten) in dem zweiten langgestreckten Glied **205** verwendet werden, wodurch die Anordnung vereinfacht wird und eine Abschirmung (über die Abschirmschicht **1307**) gegenüber Funkinterferenz und Ähnlichem vorgesehen wird.

[0241] In einigen Ausführungsbeispielen können eines oder mehrere Datenübertragungskabel in dem zweiten langgestreckten Glied **205** enthalten sein. Die Datenübertragungskabel können Glasfaserkabel aufweisen. In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist ein einzelnes Glasfaserkabel in dem zweiten langgestreckten Glied **205** enthalten und werden in einem passiven Modus verwendet. In einem passiven Modus sind an einem ersten Ende des Kabels eine Lichtquelle und ein Lichtsensor vorgesehen. An einem zweiten Ende ist ein Reflektor vorgesehen. Im Gebrauch liefert die Lichtquelle eine Menge von Licht mit bestimmten Eigenschaften an den Reflektor. Der Reflektor reflektiert dann das Licht zu dem Lichtsensor, der das reflektierte Licht analysieren kann, um die Eigenschaften des Lichts zu bestimmen. Der Reflektor kann angepasst sein, um die Eigenschaft des reflektierten Lichts abhängig von einer Eigenschaft des Systems zu verändern. Beispielsweise kann der Reflektor verwendet werden, um die Kondensation innerhalb der Schnittstelle zu überwachen. Der Reflektor kann ein Material aufweisen, welches beispielsweise die Farbe abhängig vom Vorhandensein von Kondensation an dem zweiten Ende verändern kann. Der Reflektor kann alternativ oder zusätzlich ein Material aufweisen, welches die Farbe oder Ähnliches abhängig von dem Grad der Feuchtigkeit (entweder relative Feuchte oder absolute Feuchte) und/oder der Temperatur des Gases an dem zweiten Ende und/oder der Gaszusammensetzung, wie beispielsweise dem inhalierten O₂ oder exhalieren CO₂ verändert.

[0242] Wieder auf **Fig. 2B** Bezug nehmend kann in einigen Ausführungsbeispielen ein Fluidstrom (Gas oder Flüssigkeit) entlang des Raums innerhalb des ersten langgestreckten Glieds **203** hindurchgehen. In einem derartigen Ausführungsbeispiel ist es wünschenswert, dass zumindest ein Teil des ersten langgestreckten Glieds **203** aus einem atmungsfähigen Material gebildet ist. Atmungsfähig wird hierin so verwendet, dass es merklich

durchlässig für Wasserdampf und im Wesentlichen undurchlässig für flüssiges Wasser und den Hauptstrom der Gase ist. Geeignete atmungsfähige Materialien umfassen ein aktiviertes, perfluoriertes Polymermaterial mit extrem hydrophilen Eigenschaften, wie beispielsweise NAFION®, oder ein hydrophiles Polyester-Block-Copolymer, wie beispielsweise SYMPATEX®. Andere geeignete Materialien umfassen Polymere, die kommerziell in EVAQUA™- und EVAQUA2™-Kreisläufen (Fisher & Paykel Healthcare Ltd., Auckland, Neuseeland) enthalten sind. Geeignete Materialien sind ferner in der PCT-Veröffentlichung WO 2011/077250, eingereicht am 22. Dezember 2010 und veröffentlicht am 30. Juni 2011 und dem U.S. Patent Nr. 6,769,431, eingereicht am 8. Mai 2001 und erteilt am 3. August 2003 beschrieben.

[0243] Der Strom durch das erste langgestreckte Glied **203** kann nützlich sein, um den Gasstrom durch das Lumen **207** des Schlauchs **201** wie gewünscht zu trocknen oder zu befeuchten. Umgekehrt kann der Strom durch das Lumen **207** des Schlauchs **201** nützlich sein, um den Gasstrom durch das erste langgestreckte Glied **203**, wie erwünscht, zu trocknen oder zu befeuchten. Ausgeatmete Respirationsgase können durch das erste langgestreckte Glied **203** getragen werden. Als ein weiteres Beispiel kann eine Flüssigkeit, wie beispielsweise flüssiges Wasser, übertragen werden. Als noch ein weiteres Beispiel kann ein befeuchteter oder gesättigter Gasstrom übertragen werden. Als noch ein weiteres Beispiel kann ein trockener Gasstrom oder ein Strom von komprimierter Umgebungsluft übertragen werden. In den vorangehenden Ausführungsbeispielen kann das erste langgestreckte Glied **203** an beiden Enden offen sein, um den Strom des Fluids durch das erste langgestreckte Glied **203** zu ermöglichen. Ein Ende des ersten langgestreckten Glieds **203** kann, wie gewünscht, mit einer geeigneten Quelle verbunden sein, wie beispielsweise einer Quelle exhalierten Respirationsgases, flüssigen Wassers, befeuchteten Gases, trockenen Gases oder komprimierter Luft. Das andere Ende kann mit einem geeigneten Auslass verbunden sein oder die Entlüftung zur Atmosphäre zugelassen werden.

[0244] Beispielsweise kann unter Bezugnahme auf **Fig. 2B** der Teil **211** des ersten langgestreckten Glieds **203**, der das Lumen **207** des Schlauchs **201** bildet, aus einem atmungsfähigen Material, wie vorangehend beschrieben, gebildet sein. Der nach außen weisende Teil **219** (zur Umgebungsatmosphäre weisend und weg von dem Lumen weisend) des ersten langgestreckten Glieds **203** kann aus einem undurchlässigen Material gebildet sein, d. h. einem Material das nicht nennenswert durchlässig für Wasserdampf, flüssiges Wasser oder den Hauptstrom der Gase ist, wie anderweitig in dieser Offenbarung beschrieben. Im Gebrauch kann eine Menge des Befeuchtungsfluids (wie beispielsweise Wasser) durch den Raum hindurchgeführt werden, der durch das erste langgestreckte Glied **203** gebildet wird. Während das Befeuchtungsfluid erwärmt wird (beispielsweise durch die Heizfäden **215**, die in dem zweiten langgestreckten Glied **205** angeordnet sind) wird ein Teil des Befeuchtungsfluids dazu neigen, zu verdunsten. Der Wasserdampf kann dann durch den atmungsfähigen Teil **211** in den Hauptgasstrom durch das Lumen **207** passieren, wodurch der Hauptgasstrom befeuchtet wird. In einem derartigen Ausführungsbeispiel kann die Kombination des Befeuchtungsfluids, des ersten langgestreckten Glieds **203** und der Heizfäden **215** ein Mittel zum Befeuchten des Gasstroms innerhalb des Lumens **207** vorsehen, so dass ein eigenständiger Befeuchter aus dem System weggelassen werden kann.

[0245] Als ein weiteres Beispiel kann ein Gasstrom entlang des Raums innerhalb des ersten langgestreckten Glieds **203** passieren. Beispielsweise können ausgeatmete Respirationsgase getragen bzw. übertragen werden. Wieder auf **Fig. 2B** Bezug nehmend, besteht das erste langgestreckte Glied **203** oder zumindest der nach außen weisende Teil **219** des ersten langgestreckten Glieds **203**, wie oben beschrieben, aus einem atmungsfähigen Material. Auf diese Weise, wenn sich das ausgeatmete Gas entlang der Länge des ersten langgestreckten Glieds **203** bewegt, wird es dazu neigen von einer relativen Feuchte von ungefähr 100% bei dem Patientenende zu einem reduzierten Feuchtigkeitsniveau an dem gegenüberliegenden Ende zu trocknen.

[0246] Die Coextrusion ist ein geeignetes Verfahren um ein erstes langgestrecktes Glied **203** zu formen, das einen Teil (**211** oder **219**, abhängig von der erwünschten Anwendung) aufweist, der aus einem atmungsfähigen Material gebildet ist und einen Teil (**219** oder **211**, abhängig von der erwünschten Anwendung) der aus einem undurchlässigen Material gebildet ist.

[0247] Zusätzlich, obwohl bestimmte vorangehende Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf ein einzelnes, erstes langgestrecktes Glied **203** beschrieben wurden, das atmungsfähige und undurchlässige Teile aufweist, sollte erkannt werden, dass die erwünschten Ergebnisse (wie beispielsweise die Befeuchtung des Gasstroms innerhalb des Lumens **207**) ebenfalls unter Verwendung einer Vielzahl von ersten langgestreckten Gliedern **203** erreicht werden kann. Geeignete Ausführungsbeispiele sind in den **Fig. 12B**, **Fig. 12C**, **Fig. 37A** und **Fig. 37B** gezeigt.

[0248] **Fig. 37A** zeigt einen Querschnitt des Schlauchs, der zwei erste langgestreckte Glieder aufweist. Ein erstes „erstes langgestrecktes Glied“ **203a** ist nahe dem Schlauchlumen **207** angeordnet. Ein zweites „erstes

langgestrecktes Glied" **203b** weist zu der Umgebungsatmosphäre und weist weg von dem Lumen **207**. Der innere Teil des ersten „ersten langgestreckten Glieds" **203a** bildet die Wand des Lumens **207**. Das erste „erste langgestreckte Glied" **203a** kann eine Leitung für ein Befeuchtungsfluid definieren, wie beispielsweise flüssiges Wasser. Das erste „erste langgestreckte Glied" **203a** kann aus einem atmungsfähigen Material bestehen. Wenn das Befeuchtungsfluid erwärmt wird (beispielsweise durch die Heizfäden **215**, die in dem zweiten langgestreckten Glied **205** angeordnet sind) wird ein Teil des Befeuchtungsfluids dazu neigen, zu verdampfen. Der Dampf passiert dann durch die Wände des ersten „ersten langgestreckten Glieds" **203a** in den Hauptgasstrom durch das Lumen **207**, wodurch der Hauptgasstrom befeuchtet wird. In einem derartigen Ausführungsbeispiel kann die Kombination des Befeuchtungsfluids, des ersten „ersten langgestreckten Glieds" **203a** und der Heizfäden **215** ein Mittel zum Befeuchten des Gasstroms innerhalb des Lumens **207** vorsehen, so dass ein eigenständiger Befeuchter aus dem System weggelassen werden kann. Es sollte erkannt werden, dass die in **Fig. 37A** gezeigten Abmessungen nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind. Beispielsweise kann das erste „erste langgestreckte Glied" **203a** relativ größer sein und das zweite „erste langgestreckte Glied" **203b** kann relativ kleiner sein als in **Fig. 12B** gezeigt. Es sollte ebenfalls erkannt werden, dass die Heizfäden **215** nicht notwendigerweise in dem zweiten langgestreckten Glied **205** untergebracht sein müssen. Beispielsweise kann, wie in **Fig. 12B** gezeigt, das zweite langgestreckte Glied weggelassen werden. Die Heizfäden **215** können beispielsweise in einem Teil des zweiten „ersten langgestreckten Glieds" **203b** dicht an dem ersten „ersten langgestreckten Glied" **203a** untergebracht sein.

[0249] **Fig. 37B** zeigt ebenfalls einen Querschnitt des Schlauchs, der zwei erste langgestreckte Glieder aufweist. Ein erstes „erstes langgestrecktes Glied" **203a** ist nahe dem Schlauchlumen **207** angeordnet. Ein zweites „erstes langgestrecktes Glied" **203b** weist zu der Umgebungsatmosphäre und weist weg von dem Lumen **207**. Der innere Teil des ersten „ersten langgestreckten Glieds" **203a** bildet einen Teil der Wand des Lumens **207**. Ein innerer Teil des zweiten „ersten langgestreckten Glieds" **203b** bildet einen Teil der Wand des Lumens **207**. Wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 37A** diskutiert, kann ein erstes „erstes langgestrecktes Glied" **203a** eine Leitung für ein Befeuchtungsfluid, wie beispielsweise flüssiges Wasser, definieren und die Kombination des Befeuchtungsfluids, des ersten „ersten langgestreckten Glieds" **203** und der Heizfäden **215** kann ein Mittel zum Befeuchten des Gasstroms innerhalb des Lumens **207** vorsehen, so dass ein eigenständiger Befeuchter aus dem System weggelassen werden kann. Wieder sollte erkannt werden, dass die in **Fig. 37B** gezeigten Abmessungen nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind. Beispielsweise kann das erste „erste langgestreckte Glied" **203a** relativ länger sein, und das zweite „erste langgestreckte Glied" **203b** kann relativ kleiner, als in **Fig. 12B** gezeigt, sein. Es sollte ebenfalls erkannt werden, dass der Heizfaden nicht notwendigerweise in dem zweiten langgestreckten Glied untergebracht sein muss. Beispielsweise kann, wie in **Fig. 12B** gezeigt, das zweite langgestreckte Glied weggelassen werden. Der Heizfaden kann beispielsweise in einem Teil des zweiten „ersten langgestreckten Glieds" **203b** nahe dem ersten „ersten langgestreckten Glied" **203a** untergebracht sein.

[0250] Jetzt auf **Fig. 14A–Fig. 14E** und **Fig. 15A–Fig. 15E** Bezug nehmend sind einige Variationen der Konfiguration des Verbundschlauchs **201** gezeigt, die angepasst sind, um eine erhöhte laterale Ausdehnung in dem Verbundschlauch **201** vorzusehen. **Fig. 15A–Fig. 15E** zeigen einen ausgedehnten Zustand des Verbundschlauchs, der jeweils in den **Fig. 14A–Fig. 14E** gezeigt ist.

[0251] Bestimmte Ausführungsbeispiele berücksichtigen die Erkenntnis, dass die Schläuche, die in den **Fig. 14A, Fig. 14B** und **Fig. 14E** gezeigt sind, ein zweites langgestrecktes Glied **205** mit einer Form aufweisen, die die Streck- bzw. Ausdehnungsfähigkeit erhöht. Beispielsweise ist in **Fig. 14A** das zweite langgestreckte Glied **205** im Wesentlichen abgeflacht mit einem Profil, das im Wesentlichen die gleiche Höhe wie das erste langgestreckte Glied **203** aufweist. Wie in **Fig. 15A** gezeigt, ermöglicht dies dem zweiten langgestreckten Glied **205**, sich nach außen zu zumindest dem Doppelten der Breite zu deformieren, verglichen mit dem zweiten langgestreckten Glied **205** in der Ruheposition. In **Fig. 14B** und **Fig. 14E** ist das zweite langgestreckte Glied **205** so geformt, dass es eine ziehharmonikaartige Form besitzt. Beim Ausdehnen bzw. Strecken kann das zweite langgestreckte Glied **205** daher einen Anstiegsbetrag des Ausdehnens durch Verflachen (wie in den **Fig. 15B** bzw. **Fig. 15E** gezeigt) unterbringen.

[0252] In **Fig. 14C** und **Fig. 14D** ist dem ersten langgestreckten Glied **203** eine Form gegeben, die es ermöglicht, dass es sich nach außen deformiert, wodurch eine erhöhte laterale Ausdehnung (wie in den **Fig. 15C** bzw. **Fig. 15D** gezeigt) ermöglicht wird.

[0253] Medizinische Kreisläufe Als nächstes wird auf **Fig. 16** Bezug genommen, die einen beispielhaften medizinischen Kreislauf gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel zeigt. Der Kreislauf weist einen oder mehrere Verbundschläuche, wie oben beschrieben, auf, und zwar für den Inspirationsschlauch **103** und/oder den

Expirationsschlauch **117**. Die Eigenschaften des Inspirationsschlauchs **103** und des Expirationsschlauchs **117** sind ähnlich denen der Schläuche, die vorangehend mit Bezug auf **Fig. 1** beschrieben wurden. Der Inspirationsschlauch **103** weist einen Einlass **109** auf, der mit einem Befeuchter **107** in Verbindung steht, und einen Auslass **113**, durch den befeuchtete Gase an den Patienten **101** geliefert werden. Der Expirationsschlauch **117** besitzt ebenfalls einen Einlass **109**, der die ausgeatmeten, befeuchteten Gase von dem Patient aufnimmt, sowie einen Auslass **113**. Wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben, kann der Auslass **113** des Expirationsschlauchs **117** ausgeatmete Gase in die Atmosphäre, zu der Lüfter-/Bläseereinheit **105**, zu einem Luftwäscher/Filter (nicht gezeigt) oder zu irgendeiner anderen geeigneten Stelle ablassen.

[0254] Wie oben beschrieben, können die Heizfäden **215** innerhalb des Inspirationsschlauchs **103** und/oder dem Expirationsschlauch **117** angeordnet werden, um das Risiko des Ausregens in den Schläuchen zu verringern, und zwar indem die Schlauchwandtemperatur über der Taupunkttemperatur gehalten wird.

Komponente eines Insufflationssystems

[0255] Laparoskopische Chirurgie, auch als minimalinvasive Chirurgie bzw. MIS (MIS = Minimally Invasive Surgery) bezeichnet, oder Schlüsselloch-Chirurgie ist eine moderne, chirurgische Technik, in der Operationen im Bauchraum durch kleine Schnitte (gewöhnlich 0,5 bis 1,5 cm) verglichen mit größeren Schnitten ausgeführt werden, die in traditionellen chirurgischen Verfahren erforderlich sind. Laparoskopische Operationen umfassen Operationen innerhalb abdominalen oder Beckenhohlräume. Während der laparoskopischen Operation mit Insufflation kann es wünschenswert sein, dass das Insufflationsgas (gewöhnlich CO₂) befeuchtet wird, bevor es in den abdominalen Hohlraum passiert. Dies kann helfen, ein „Austrocknen“ der inneren Organe des Patienten zu verhindern, und kann den Zeitraum verringern, der für die Erholung von der Operation erforderlich ist. Insufflationssysteme weisen im Allgemeinen Befeuchterkammern auf, die eine Menge an Wasser in ihnen halten. Der Befeuchter weist im Allgemeinen eine Heizplatte auf, die das Wasser erwärmt, um einen Wasserdampf zu erzeugen, der in die eingehenden Gase übertragen wird, um die Gase zu befeuchten. Die Gase werden aus dem Befeuchter mit dem Wasserdampf heraus transportiert.

[0256] Als nächstes wird auf **Fig. 17** Bezug genommen, die ein Insufflationssystem **1701** gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel zeigt. Das Insufflationssystem **1701** weist einen Insufflator **1703** auf, der einen Strom der Insufflationsgase mit einem Druck über dem atmosphärischen zur Lieferung in den abdominalen oder peritonealen Hohlraum des Patienten **1705** erzeugt. Die Gase gehen in einen Befeuchter **1707** hinein, der eine Heizbasis **1709** und eine Befeuchterkammer **1711** aufweist, wobei sich die Kammer **1711** im Gebrauch in Kontakt mit der Heizbasis **1709** befindet, so dass die Heizbasis **1709** Wärme an die Kammer **1711** liefert. In dem Befeuchter **1707** werden die Insufflationsgase durch die Kammer **1711** hindurchgeführt, so dass sie bis zu einem geeigneten Feuchtegrad befeuchtet werden.

[0257] Das System **1701** weist eine Lieferleitung **1712** auf, die zwischen der Befeuchterkammer **1711** und dem peritonealen Hohlraum oder der Operationsstelle verbunden ist. Die Leitung **1713** weist ein erstes Ende und ein zweites Ende auf, wobei das erste Ende mit dem Auslass der Befeuchterkammer **1711** verbunden ist und befeuchtete Gase von der Kammer **1711** aufnimmt. Das zweite Ende der Leitung **1713** wird in der Operationsstelle oder dem peritonealen Hohlraum des Patienten **1705** angeordnet und befeuchtete Insufflationsgase bewegen sich von der Kammer **1711** durch die Leitung **1713** und in die Operationsstelle, um die Operationsstelle oder den peritonealen Hohlraum zu insufflieren und zu expandieren. Das System weist ebenfalls eine Steuervorrichtung (nicht gezeigt) auf, die die Feuchtigkeitsmenge reguliert, die zu den Gasen geliefert wird, und zwar durch Steuern der Leistung, die an die Heizbasis **1709** geliefert wird. Die Steuervorrichtung kann ebenfalls verwendet werden, um das Wasser in der Befeuchterkammer **1711** zu überwachen. Ein Raucheвакуierungssystem **1715** ist gezeigt, das aus dem Körperhohlraum des Patienten **1705** führt.

[0258] Das Raucheвакуierungssystem **1715** kann in Verbindung mit dem Insufflationssystem **1701** verwendet werden, das vorangehend beschrieben wurde oder kann mit anderen geeigneten Insufflationssystemen verwendet werden. Das Raucheвакуierungssystem **1715** weist ein Auslass- oder Abgasglied **1717**, eine Auslassanordnung **1719** und einen Filter **1721** auf. Das Auslassglied **1717** ist zwischen dem Filter **1721** und der Auslassanordnung **1719** verbunden, die im Gebrauch in oder benachbart zu der Operationsstelle des Patienten **1705** oder dem peritonealen Hohlraum gelegen ist. Das Auslassglied **1717** ist ein druckfester bzw. selbsttragender Schlauch (d. h. der Schlauch ist imstande, sein eigenes Gewicht ohne Kollabieren zu tragen) mit zwei offenen Enden: einem Ende der operativen Stelle und einem Auslassende.

[0259] Zumindest ein Ausführungsbeispiel berücksichtigt die Erkenntnis, dass die Verwendung eines Verbundschlauchs als Leitung **1713** befeuchtete Gase an die Operationsstelle des Patienten **1705** mit minimiertem Wärmeverlust von den befeuchteten Gasen liefern kann.

Koaxialschlauch

[0260] Ein Koaxial-Beatmungsschlauch kann ebenfalls einen Verbundschlauch, wie vorangehend beschrieben, aufweisen. In einem Koaxial-Beatmungsschlauch ist ein erster Gasraum ein Inspirationsglied oder ein Expirationsglied, und der zweite Gasraum ist der jeweils andere des Inspirationsglieds oder Expirationsglieds. Ein Gasdurchlass ist zwischen dem Einlass des Inspirationsglieds und dem Auslass des Inspirationsglieds vorgesehen und ein Gasdurchlass ist zwischen dem Einlass des Expirationsglieds und dem Auslass des Expirationsglieds vorgesehen. In einem Ausführungsbeispiel ist der erste Gasraum das Inspirationsglied, und der zweite Gasraum ist das Expirationsglied. Alternativ kann der erste Gasraum das Expirationsglied sein und der zweite Gasraum kann das Inspirationsglied sein.

[0261] Als nächstes wird auf **Fig. 18** Bezug genommen, die einen Koaxialschlauch **1801** gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel zeigt. In diesem Beispiel ist der Koaxialschlauch **1801** zwischen einem Patient **1801** und einem Lüfter **1805** vorgesehen. Expirationsgase und Inspirationsgase fließen jeweils in entweder dem inneren Schlauch **1807** oder dem Raum **1809** zwischen dem inneren Schlauch **1807** und dem äußeren Schlauch **1811**. Es wird erkannt werden, dass der äußere Schlauch **1811** nicht exakt mit dem inneren Schlauch **1807** ausgerichtet sein kann. „Koaxial“ bezeichnet vielmehr einen Schlauch, der innerhalb eines anderen Schlauchs gelegen ist.

[0262] Aus Wärmeübertragungsgründen kann der innere Schlauch **1807** die Inspirationsgase in den Raum **1813** darin tragen, während die Expirationsgase in dem Raum **1809** zwischen dem inneren Schlauch **1807** und dem äußeren Schlauch **1811** getragen werden. Diese Luftstromkonfiguration wird durch Pfeile angezeigt. Eine umgekehrte Konfiguration ist jedoch ebenfalls möglich, in der der äußere Schlauch **1811** die Inspirationsgase trägt bzw. überträgt und der innere Schlauch **1807** die Expirationsgase trägt bzw. überträgt.

[0263] In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist der innere Schlauch **1807** aus einem Wellschlauch, wie beispielsweise einem Wegwerfeschlauch des Modells RT100 von Fisher & Paykel gebildet. Der äußere Schlauch **1811** kann aus einem Verbundschlauch, wie oben beschrieben, gebildet sein.

[0264] Mit einem koaxialen Schlauch **1801** kann der Lüfter **1805** ein Leck in dem inneren Schlauch **1807** nicht bemerken. So ein Leck kann den Patienten **1801** kurzschließen, was bedeutet, dass der Patient **1801** nicht mit ausreichend Sauerstoff beliefert wird. Ein derartiger Kurzschluss kann durch die Anbringung eines Sensors an dem Patientenende des Koaxialschlauchs **1801** detektiert werden. Dieser Sensor kann in dem Verbindungsstück **1815** des Patientenendes gelegen sein. Ein Kurzschluss dichter an dem Lüfter **1805** wird zur einem fortgesetzten Wiedereinatmen des Patienten **1801** des Luftvolumens dicht an dem Patient **1801** führen. Dies wird zu einem Anstieg in der Konzentration von Kohlendioxid in dem Inspirationsflussraum **1813** dicht an dem Patient **1801** führen, was direkt durch einen CO₂-Sensor detektiert werden kann. Ein derartiger Sensor kann irgendeinen einer Anzahl von Sensoren aufweisen, wie sie gegenwärtig kommerziell verfügbar sind. Alternativ kann dieses Wiedereinatmen durch Überwachen der Temperatur der Gase bei dem Verbindungsstück **1815** an dem Patientenende detektiert werden, wobei ein Anstieg in der Temperatur über einen vorbestimmten Pegel hinweg anzeigt, dass ein Wiedereinatmen auftritt.

[0265] Zusätzlich zu dem vorangehenden kann zur Verringerung oder Beseitigung der Bildung von Kondensat innerhalb von entweder dem inneren Schlauch **1807** oder dem äußeren Schlauch **1811**, und um eine im Wesentlichen einheitliche Temperatur in den Gasen aufrecht zu erhalten, die durch den Koaxialschlauch **1807** strömen, eine Erwärmungsvorrichtung, wie beispielsweise ein Widerstandsheizfaden innerhalb von entweder dem inneren Schlauch **1807** oder dem äußeren Schlauch **1811** vorgesehen sein, die innerhalb der Gasräume **1809** oder **1813** angeordnet sind, oder innerhalb der Wände des inneren Schlauchs **1807** oder des äußeren Schlauchs **1811** selbst.

Nasenkanülen und andere Patientenschnittstellen

[0266] Es wird als nächstes Bezug auf **Fig. 19A** genommen, die einen Verbundschlauch **201** in Verwendung mit einer Nasenkanülen-Patientenschnittstelle **1901** zeigt. In diesem Beispiel wird die Patientenschnittstelle **1901** auf dem Gesicht des Patienten **1903** mit einer Kopfbedeckung **1905** positioniert, die um den Hinterkopf des Patienten **1901** befestigt wird. Die Patientenschnittstelle weist einen Kanülenkörper **1907** und einen Lie-

ferschlauch **1909** auf. Ein Verbundschlauch **201**, wie beschrieben, befindet sich in Verbindung mit dem Lieferschlauch **1909** um Inspirationsgase an die Patientenschnittstelle **1901** zu liefern.

[0267] In der Vergangenheit ist der Lieferschlauch **1909** verwendet worden, um das Gewicht des erwärmten Beatmungsschlauchs von der Patientenschnittstelle **1901** zu entkoppeln. Zuvor verwendete Lieferschläuche **1909** bestanden aus einer Länge von flexiblem bzw. biegsamen Schlauchmaterial. Es war wichtig, dass der Lieferschlauch **1909** leichtgewichtig ist, so dass die Masse des Lieferschlauchs **1909** nicht die Patientenschnittstelle **1901** von dem Gesicht des Patienten abzieht. Erwärmte Schläuche waren wesentlich sperriger und schwerer als unbeheizte Schläuche. Folglich waren die zuvor verwendeten Lieferschläuche **1909** unbeheizt. Um eine zufriedenstellende Biegsamkeit zu erreichen, hatten die zuvor verwendeten Lieferschläuche **1909** ebenfalls schlechte Isolationseigenschaften. Ohne gute Isolierung und Erwärmung war das Ausregnen in den Lieferschläuchen **1909** ein Problem. Folglich wurden die Lieferschläuche **1909** so kurz wie möglich gehalten, um das Ausregnen zu minimieren. Die kurze Länge verhinderte jedoch nicht durchwegs, dass das Gewicht des erwärmten Beatmungsschlauchmaterials an der Patientenschnittstelle **1901** zog. Folglich haben die zuvor verwendeten Lieferschläuche eine Anzahl von Nachteilen.

[0268] Die Verbundschläuche **201**, die hierin beschrieben sind, weisen eine gute Isolation auf, während sie ein gutes Biegsamkeit und ein leichtes Gewicht beibehalten. Folglich kann in einigen Ausführungsbeispielen der Lieferschlauch **1909** ein Verbundschlauch **201** sein. Die Verbundschläuche **201** können verbesserte Isolierungseigenschaften gegenüber zuvor in der Technik bekannten Lieferschläuchen vorsehen. Zusätzlich kann die Länge des Lieferschlauchs länger sein und eine bessere Entkopplung vom Schlauchziehen vorsehen. Der Lieferschlauch **201** aus Verbundschlauch **201** kann optional Heizfäden (nicht gezeigt) in dem zweiten langgestreckten Glied (nicht gezeigt) aufweisen. Die Heizfäden können, wenn vorhanden, eine Wärmeeinbringung vorsehen. Alternativ können die Heizfäden eine strukturelle Unterstützung für das zweite langgestreckte Glied vorsehen, ohne erregt zu werden.

[0269] Die Länge des unbeheizten Lieferschlauchs **1909** aus Verbundschlauch **201** kann größer als die Länge einer normalen, unbeheizten Verlängerung sein, während weiterhin der gleiche oder ein geringerer Betrag des Wärmeverlusts aufrechterhalten wird, aufgrund der besseren Isolierungseigenschaften des Verbundschlauchs **201**. Eine erhöhte Länge des Lieferschlauchs **1909** ist vorteilhaft, um die Bewegung des Patienten daran zu hindern, an den Schlauchverbindungen zu ziehen. Eine erhöhte Länge der Verlängerung kann ebenfalls eine bessere Kopfbewegung ermöglichen, ohne den Patientenkomfort zu kompromittieren.

[0270] Zusätzlich berücksichtigen bestimmte Ausführungsbeispiele die Erkenntnis, dass das Beseitigen eines separaten Lieferschlauchs **1909** eine Anzahl von Vorteilen haben kann, die nachfolgend diskutiert werden. Folglich, wie in **Fig. 19B** gezeigt, können der Lieferschlauch **1909** und der Verbundschlauch **201** wünschenswerter Weise eine einheitliche Komponente sein, die sich zu dem Kanülenkörper **1907** erstreckt.

[0271] In einer typischen Patientenschnittstelle **1901** liefert ein erwärmter bzw. beheizter Schlauch (anstelle des Verbundschlauchs **201** der **Fig. 19A**) Inspirationsgase an einen unbeheizten Lieferschlauch **1909**. Die Temperatur der Inspirationsgase kann signifikante Wärmeverluste erfahren (beispielsweise 20°C oder mehr oder ungefähr so viel) entlang der Länge des unbeheizten Lieferschlauches **1909**. Zur Kompensation wird die Temperatur an dem Patientenende des erwärmten bzw. beheizten Schlauchs höher als die erforderliche Temperatur gehalten, die tatsächlich an den Patienten **1901** geliefert wird. Zusätzlich kann Kondensation ausregnen, wenn die Temperatur in dem Lieferschlauch **1909** fällt. Es wurde erkannt, dass das Ausdehnen eines beheizten Verbundschlauchs **201** zu dem Kanülenkörper **1907** anstelle des Lieferschlauchs **1909**, wie in **Fig. 19B** gezeigt, die Eingangsenergieanforderungen verringern kann, da das Patientenende des Verbundschlauchs **201** auf einer niedrigeren Temperatur gehalten werden kann. Diese Konfiguration kann ebenfalls das Ausregnen verringern, indem der unbeheizte Lieferschlauch **1909** aus der Patientenschnittstelle entfernt wird.

[0272] Wünschenswerter Weise kann der Verbundschlauch **201** verjüngt sein. In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist der Patientenendteil des Verbundschlauchs **201** verjüngt, um in den Einlass des Kanülenkörpers **1907** zu passen. In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist der Durchmesser einer Länge des Verbundschlauchs **201** nahe dem Patientenende kleiner als der Durchmesser des Rests des Verbundschlauchs **201**. Beispielsweise kann die Länge des Verbundschlauchs **201** nahe dem Patientenende in dem Bereich von 50 bis 300 mm (oder ungefähr 50 bis 300 mm) liegen. Ein Schlauch mit kleinerem Durchmesser nahe dem Patientenende kann vorteilhaft sein, um das Schlauchgewicht nahe dem Kanülenkörper zu verringern.

[0273] Der Verbundschlauch **201** kann einen Temperatursensor (nicht gezeigt) nahe zumindest dem Patientenende des Verbundschlauchs aufweisen. Zusätzlich zu, oder anstelle von einem Temperatursensor, kann

der Verbundschlauch **201** eine weitere Art von Sensor (nicht gezeigt) nahe zumindest dem Patientenende des Verbundschlauchs **201** aufweisen. Beispielsweise kann der Verbundschlauch **201** einen Drucksensor (nicht gezeigt) nahe zumindest dem Patientenende des Verbundschlauchs **201** aufweisen. Die Drucksensoren können besonders vorteilhaft für die CPAP-Steuerung und die Nasal High-Flow Therapie sein. Wenn der Verbundschlauch **201** und der Lieferschlauch **1909** eine einheitliche Komponente sind, sind der Sensor/die Sensoren dicht an den Nasenlöchern des Patienten **1903**, was eine genauere Information bezüglich des gelieferten Gases vorsehen kann. Beispielhafte Sensorkonfigurationen des Patientenendes werden detaillierter nachfolgend beschrieben.

[0274] Eine einheitliche Konfiguration ist ebenfalls wünschenswert, da sie die Verdrahtung auf einem Patienten **1901** verringern kann. Wenn der Kanülenkörper **1907** mit einem oder mit mehreren Sensoren oder anderen elektrischen Komponenten ausgestattet ist, ist es notwendig, eine elektrische Verbindung mit dem Kanülenkörper **1907** vorzusehen. Wenn der Verbundschlauch **201** und der Lieferschlauch eine einheitliche Komponente sind, können die elektrischen Leitungen entlang des Verbundschlauchs **201**, wie oben beschrieben, zu dem Patientenende des Verbundschlauchs **201** bei dem Kanülenkörper **1907** verlaufen. Keine separate elektrische Verbindung mit dem Kanülenkörper **1907** ist erforderlich.

[0275] Die einheitliche Konfiguration kann einen Verbundschlauch **201** mit variablem Teilungsabstand, wie oben beschrieben, beinhalten. In einem Schlauch, der keine oder eine kurze unbeheizte Verlängerung aufweist, würde die Erwärmung bis zu dem Kanülenkörper **1907** fortgesetzt werden, wo das Abfühlelement gelegen wäre. Diese Schläuche erfordern reduzierte Temperaturen am Schlauchende, um die Lieferung der gesättigten Gase mit 37°C sicherzustellen. Dies deshalb, weil üblicherweise die Temperatur des Schlauchendes auf viel mehr als 37°C eingestellt wird, um den Wärmeverlust in der unbeheizten Verlängerung zu berücksichtigen. Eine Konfiguration ohne eine unbeheizte Verlängerung wird jedoch wahrscheinlicher eine Kondensation nahe dem Einheitenende erleiden. Die Umverteilung der Erwärmung zu einem Bereich nahe dem Einheitenende des Schlauchs wird helfen, $T_{\text{gas}} > T_{\text{tau}}$ zu fördern, und wird folglich das Auftreten von Kondensation verringern, ohne eine übermäßig hohe Temperatur am Schlauchende zu liefern.

[0276] Es sollte erkannt werden, dass obwohl die Konfigurationen in **Fig. 19B** in bestimmten Ausführungsbeispielen bevorzugt sein können, andere Konfigurationen, einschließlich der Konfiguration der **Fig. 19A** in anderen Ausführungsbeispielen genutzt werden können, wenn dies erwünscht ist.

[0277] Der Verbundschlauch **201** dieser Offenbarung kann ebenfalls enthalten sein in und/oder verwendet werden mit anderen Patientenschnittstellen, wie beispielsweise einer Vollmaske **2001** (**Fig. 20A**), einer Nasenmaske **2003** (**Fig. 20B**) und einer Nasen-/Kissenmaske **2005** (**Fig. 20C**). Wie vorangehend diskutiert, kann der Verbundschlauch **201** als ein Lieferschlauch **1909** dienen oder den Bedarf für einen Lieferschlauch vollständig beseitigen.

Reinigung

[0278] Wieder zu **Fig. 2A** zurückkehrend, können in zumindest einem Ausführungsbeispiel die Materialien für einen Verbundschlauch ausgewählt werden, um verschiedene Reinigungsverfahren zu bewältigen. In einigen Ausführungsbeispielen kann eine Desinfektion auf höchster Ebene (ungefähr 20 Reinigungszyklen) verwendet werden, um den Verbundschlauch **201** zu reinigen. Während der Desinfektion auf höchster Ebene wird der Verbundschlauch **201** einer Pasteurisierung bei ungefähr 75°C für ungefähr 30 Minuten unterzogen. Als nächstes wird der Verbundschlauch **201** in 2% Glutaraldehyd für ungefähr 20 Minuten gebadet. Der Verbundschlauch **201** wird aus dem Glutaraldehyd entfernt und in 6% Wasserstoffperoxid für ungefähr 30 Minuten getaucht. Letztlich wird der Verbundschlauch **201** aus dem Wasserstoffperoxid entfernt und in 0,55% Orthophthalaldehyd (OPA) für ungefähr 10 Minuten gebadet.

[0279] In anderen Ausführungsbeispielen kann eine Sterilisierung (ungefähr 20 Zyklen) verwendet werden, um den Verbundschlauch **201** zu reinigen. Zunächst wird der Verbundschlauch **201** in Autoklavdampf bei ungefähr 121°C für ungefähr 30 Minuten angeordnet. Als nächstes wird die Temperatur des Autoklavdampfes auf ungefähr 134°C für ungefähr 3 Minuten erhöht. Nach der Dampfsterilisierung bzw. Autoklavierung wird der Verbundschlauch **201** von 100% Ethylenoxid- bzw. ETO-Gas umgeben. Zuletzt wird der Verbundschlauch **201** aus dem ETO-Gas entfernt und in ungefähr 2,5% Glutaraldehyd für ungefähr 10 Stunden eingetaucht.

[0280] Der Verbundschlauch **201** kann aus Materialien bestehen, die dem wiederholten Reinigungsprozess widerstehen. In einigen Ausführungsbeispielen kann ein Teil des oder kann der gesamte Verbundschlauch **201** aus Styren-Ethylen-Buten-Styren-Block-Thermoplastikelastomeren, wie beispielsweise Kraiburg TF6STE

bestehen, ist aber nicht darauf beschränkt. In anderen Ausführungsbeispielen kann der Verbundschlauch **201** aus Hytrel, Urethanen oder Silikonen bestehen, ist aber nicht darauf beschränkt.

Herstellungsverfahren

[0281] Bezug wird als nächstes auf die **Fig. 21A** bis **Fig. 21F** genommen, die beispielhafte Verfahren zur Herstellung von Verbundschläuchen demonstrieren.

[0282] Sich zunächst der **Fig. 21A** zuwendend, weist in zumindest einem Ausführungsbeispiel ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundschlauchs das Vorsehen eines zweiten langgestreckten Glieds **205** und das spiralförmige Wickeln des zweiten langgestreckten Glieds **205** um einen Dorn **2101** auf, wobei gegenüberliegende Seitenkantenteile **2103** des zweiten langgestreckten Glieds **205** voneinander mit Abständen auf benachbarten Windungen angeordnet sind, wodurch eine Spirale **2105** des zweiten langgestreckten Glieds gebildet wird. Das zweite langgestreckte Glied **205** kann direkt um den Dorn in bestimmten Ausführungsbeispielen gewickelt werden. In anderen Ausführungsbeispielen kann eine Opferschicht über dem Dorn vorgesehen sein.

[0283] In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist das Verfahren ferner das Bilden des zweiten langgestreckten Glieds **205** auf. Die Extrusion ist ein geeignetes Verfahren, um das zweite langgestreckte Glied **205** zu bilden. Der zweite Extruder kann so konfiguriert sein, dass er das zweite langgestreckte Glied **205** mit einer spezifizierten Wulsthöhe extrudiert. Folglich weist in zumindest einem Ausführungsbeispiel das Verfahren das Extrudieren des zweiten langgestreckten Glieds **205** auf.

[0284] Wie in **Fig. 21B** gezeigt, kann die Extrusion vorteilhaft sein, da sie es ermöglichen kann, dass Heizfäden **215** in dem zweiten langgestreckten Glied **205** eingekapselt werden, wenn das zweite langgestreckte Glied **205** gebildet wird, beispielsweise unter Verwendung eines Extruders mit einer Kreuzkopf-Extrusionsform. Folglich weist das Verfahren in bestimmten Ausführungsbeispielen das Vorsehen von einem oder mehreren Heizfäden **215** und das Einkapseln der Heizfäden **215** auf, um das zweite langgestreckte Glied **205** zu bilden. Das Verfahren kann ebenfalls das Vorsehen eines zweiten langgestreckten Glieds **205** mit einem oder mehreren Heizfäden **215** aufweisen, die in dem zweiten langgestreckten Glied **205** eingebettet oder eingekapselt sind.

[0285] In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist das Verfahren das Einbetten von einem oder mehreren Fasern bzw. Fäden **215** in dem zweiten langgestreckten Glied **205** auf. Beispielsweise können, wie in **Fig. 21C** gezeigt, die Fasern **215** in das zweite langgestreckte Glied **205** bis zu einer spezifizierten Tiefe gedrückt (gezogen oder mechanisch positioniert) werden. Alternativ können Einschnitte in dem zweiten langgestreckten Glied **205** bis zu einer spezifizierten Tiefe vorgenommen werden, und die Fasern bzw. Fäden **215** können in den Einschnitten angeordnet werden. Vorzugsweise wird das Pressen oder Schneiden kurz nachdem das zweite langgestreckte Glied **205** extrudiert wurde und das zweite langgestreckte Glied **205** weich ist, ausgeführt.

[0286] Wie in **Fig. 21D** und **Fig. 21E** gezeigt, weist in zumindest einem Ausführungsbeispiel das Verfahren das Vorsehen des ersten langgestreckten Glieds **203** und das spiralförmige Wickeln des ersten langgestreckten Glieds **203** um die Spirale **2105** des zweiten langgestreckten Glieds auf, so dass Teile des ersten langgestreckten Glieds **203** benachbarte Wicklungen der Spirale **205** des zweiten langgestreckten Glieds überlappen und ein Teil des ersten langgestreckten Glieds **203** benachbart zu dem Dorn **2101** in dem Raum zwischen den Wicklungen der Spirale **2105** des zweiten langgestreckten Glieds angeordnet ist, wodurch eine Spirale **2107** des ersten langgestreckten Glieds gebildet wird. **Fig. 21D** zeigt ein beispielhaftes Verfahren, in dem Fasern bzw. Fäden **215** in dem zweiten langgestreckten Glied **205** eingekapselt werden, und zwar vor dem Bilden der Spirale des zweiten langgestreckten Glieds. **Fig. 21E** zeigt ein derartiges beispielhaftes Verfahren, in dem Heizfäden **215** in dem zweiten langgestreckten Glied **205** eingebettet werden, während die Spirale **2105** des zweiten langgestreckten Glieds gebildet wird. Ein alternatives Verfahren zur Einarbeitung der Fasern **215** in den Verbundschlauch weist das Einkapseln von einer oder mehreren Fasern **215** zwischen dem ersten langgestreckten Glied **203** und dem zweiten langgestreckten Glied **205** in einem Bereich, wo das erste langgestreckte Glied **203** das zweite langgestreckte Glied **205** überlappt.

[0287] Wie vorangehend diskutiert, weist zumindest ein Ausführungsbeispiel einen Schlauch mit mehreren Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** auf. Demgemäß weist in bestimmten Ausführungsbeispielen das Verfahren das Vorsehen des ersten langgestreckten Glieds **203** und das spiralförmige Wickeln des ersten langgestreckten Glieds **203** um die Spirale **2105** des zweiten langgestreckten Glieds auf, so dass ein erster Seitenteil des ersten langgestreckten Glieds **203** eine Windung der Spirale **2105** des zweiten langgestreckten Glieds überlappt und ein zweiter Seitenteil des ersten langgestreckten Glieds **203** einen benachbarten Seitenteil des ersten langgestreckten Glieds **203**

kontaktiert. Ein Teil des ersten langgestreckten Glieds **203** ist benachbart zu dem Dorn **2101** in dem Raum zwischen den Windungen der Spirale **2105** des zweiten langgestreckten Glieds angeordnet, wodurch eine Spirale **2107** des ersten langgestreckten Glieds gebildet wird, die mehrere Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** zwischen den Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** aufweist.

[0288] In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist das erste langgestreckte Glied **203** mehrere Male zwischen die Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** gewickelt. Ein beispielhaftes Schema des resultierenden Längsquerschnitts ist in **Fig. 22A** gezeigt. Benachbarte Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** können unter Verwendung irgendeiner geeigneten Technik verschmolzen werden, wie beispielsweise Wärmeschmelzung, Klebstoffe oder einen anderen Anbringungsmechanismus. In zumindest einem Ausführungsbeispiel können benachbarte geschmolzene oder aufgeweichte Blasen einander berühren und dadurch verklebt bzw. gebondet werden, während sie heiß sind, und nachfolgend mit einem Luftstrom gekühlt werden. Benachbarte Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** können ebenfalls verbunden werden, indem sie auf den Dorn in einem aufgeweichten Zustand gewickelt werden und dann zugelassen wird, dass sie abkühlen.

[0289] In zumindest einem Ausführungsbeispiel wird das erste langgestreckte Glied **203** ein Mal oder mehrere Male zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** aufgewickelt und die Blase oder die Blasen zwischen Windungen des zweiten langgestreckten Glieds **205** werden in zusätzliche diskrete Blasen zerfallen gelassen, und zwar unter Verwendung einer geeigneten Technik, wie beispielsweise einer Wärmebehandlung. Ein beispielhaftes Schema des resultierenden Längsquerschnitts ist in **Fig. 22B** gezeigt. Wie in **Fig. 22B** gezeigt, kann eine Blase des ersten langgestreckten Glieds **203** in zwei oder drei oder mehr diskrete Blasen zerfallen gelassen, unter Verwendung einer geeigneten Technik, wie beispielsweise dem Anwenden einer mechanischen Kraft mit einem Objekt oder dem Anwenden einer Kraft mit einem gerichteten Luftstrahl. Ein weiteres beispielhaftes Schema eines resultierenden Längsquerschnitts ist in **Fig. 22C** gezeigt. In diesem Beispiel ist ein Mittelteil einer Blase so zerfallen, dass die Oberseite der Blase an die Unterseite der Blase gebondet ist, um zwei diskrete Blasen zu bilden, die durch einen flachen unteren bzw. Bodenteil getrennt sind. Dann werden benachbarte Seitenteile der zwei diskreten Blasen verklebt bzw. gebondet, um eine Struktur zu bilden, die drei diskrete Blasen aufweist.

[0290] Die oben beschriebenen Alternativen zur Einarbeitung von einem oder mehreren Heizfäden **215** in einen Verbundschlauch haben Vorteile gegenüber der Alternative des Anordnens von Heizfäden in dem Gaspfad. Den/die Heizfäden **215** aus dem Gaspfad zu haben verbessert die Leistung, da die Fäden die Schlauchwand heizen, wo es am wahrscheinlichsten ist, dass sich die Kondensation bildet. Diese Konfiguration verringert das Feuerrisiko in Umgebungen mit hoher Sauerstoffkonzentration, indem die Heizfäden aus dem Gaspfad heraus bewegt werden. Dieses Merkmal verringert auch die Leistungsfähigkeit, da sie die Effektivität der Heizdrähte beim Erwärmen der Gase verringert, die durch den Schlauch passieren. Nichtsdestotrotz weist in bestimmten Ausführungsbeispielen ein Verbundschlauch **201** einen oder mehrere Heizfäden **215** auf, die innerhalb des Gaspfads angeordnet sind. Beispielsweise können die Heizfäden auf der Lumenwand (Schlauchbohrung bzw. -loch) in einer Spiralkonfiguration in Stellung gebracht werden. Ein beispielhaftes Verfahren für das Anordnen von einem oder mehreren Heizfäden **215** auf der Lumenwand weist das Bonden, Einbetten oder anderweitige Bilden eines Heizfadens auf einer Oberfläche des zweiten langgestreckten Glieds **205** auf, das, wenn es zusammengebaut ist, die Lumenwand bildet. Folglich weist in bestimmten Ausführungsbeispielen das Verfahren das Anordnen von einem oder mehreren Heizfäden **215** auf der Lumenwand auf.

[0291] Unabhängig davon, ob die Heizfäden **215** auf dem zweiten langgestreckten Glied eingebettet oder eingekapselt sind, oder auf dem zweiten langgestreckten Glied **205** angeordnet oder anderweitig in oder auf dem Schlauch angeordnet sind, können in zumindest einem Ausführungsbeispiel Paare von Fasern bzw. Fäden an einem Ende des Verbundschlauchs in eine Verbindungsschleufe geformt sein, um einen Kreislauf zu bilden.

[0292] **Fig. 21F** zeigt einen Längsquerschnitt der Anordnung, die in **Fig. 21E** gezeigt ist, die sich auf einen oberen Teil des Dorns **2101** und einen oberen Teil der Spirale **2107** des ersten langgestreckten Glieds und der Spirale **2105** des zweiten langgestreckten Glieds fokussiert. Dieses Beispiel zeigt die Spirale **2105** des zweiten langgestreckten Glieds mit einem T-förmigen zweiten langgestreckten Glied **205**. Wenn das zweite langgestreckte Glied gebildet wird, werden Heizfäden **215** in das zweite langgestreckte Glied **205** eingebettet. Die rechte Seite der **Fig. 21F** zeigt das blasenförmige Profil der Spirale des ersten langgestreckten Glieds, wie vorangehend beschrieben.

[0293] Das Verfahren kann ebenfalls das Bilden des ersten langgestreckten Glieds **203** aufweisen. Die Extrusion ist ein geeignetes Verfahren, um das erste langgestreckte Glied **203** zu formen bzw. zu bilden. Folglich weist das Verfahren in zumindest einem Ausführungsbeispiel das Extrudieren des ersten langgestreckten Glieds **203**

auf. Das erste langgestreckte Glied **203** kann ebenfalls durch Extrudiere von zwei oder mehr Teilen und Verbinden von diesen hergestellt werden, um ein einzelnes Stück zu bilden. Als eine weitere Alternative kann das erste langgestreckte Glied **203** ebenfalls durch Extrudieren von Abschnitten hergestellt werden, die eine hohle Form erzeugen, wenn sie benachbart in einem Spiralschlauchformprozess geformt oder gebondet werden.

[0294] Das Verfahren kann ebenfalls das Liefern eines Gases mit einem Druck, der größer als der atmosphärische Druck ist, zu einem Ende des ersten langgestreckten Glieds **203** aufweisen. Das Gas kann beispielsweise Luft sein. Andere Gase können ebenfalls verwendet werden, wie vorangehend beschrieben wurde. Das Liefern eines Gases zu einem Ende des ersten langgestreckten Glieds **203** kann helfen, eine offene, hohle Körperform beizubehalten, während das erste langgestreckte Glied **203** um den Dorn **2101** gewickelt wird. Das Gas kann geliefert werden bevor das erste langgestreckte Glied **203** um den Dorn **2101** gewickelt wird, während das erste langgestreckte Glied **203** um den Dorn **2101** gewickelt wird, oder nachdem das erste langgestreckte Glied **203** um den Dorn **2101** gewickelt wurde. Beispielsweise kann ein Extruder mit einer Extrusionsformkopf/spitzen-Kombination Luft in den Hohlraum des ersten langgestreckten Glieds **203** liefern oder zuführen, während das erste langgestreckte Glied **203** extrudiert wird. Folglich weist in zumindest einem Ausführungsbeispiel das Verfahren das Extrudieren des ersten langgestreckten Glieds **203** und das Liefern eines Gases mit einem Druck auf, der größer als der atmosphärische Druck ist, und zwar zu einem Ende des ersten langgestreckten Glieds **203** nach der Extrusion. Ein Druck von 15 bis 30 cm H₂O (oder ungefähr 15 bis 30 cm H₂O) wurde als geeignet ermittelt.

[0295] In zumindest einem Ausführungsbeispiel sind das erste langgestreckte Glied **203** und das zweite langgestreckte Glied **205** spiralförmig um den Dorn **2101** gewickelt. Beispielsweise können das erste langgestreckte Glied **203** und das zweite langgestreckte Glied **205** aus einer Extrusionsform mit einer erhöhten Temperatur von 200°C (oder ungefähr 200°C) oder mehr herauskommen und dann nach einer kurzen Entfernung auf den Dorn aufgebracht werden. Vorzugsweise wird der Dorn unter Verwendung eines Wasserkühlmantels, einer Kühlvorrichtung und/oder eines anderen geeigneten Kühlverfahrens auf eine Temperatur von 20°C (oder ungefähr 20°C) oder weniger, z. B. sich 0°C annähernd (oder ungefähr 0°C), gekühlt. Nach 5 (oder ungefähr 5) Spiralwindungen werden das erste langgestreckte Glied **203** und das zweite langgestreckte Glied **205** weiter durch ein Kühlfluid (flüssig oder gasförmig) gekühlt. In einem Ausführungsbeispiel wird das Kühlfluid von einem Ring mit Düsen emittiert, der den Dorn umgibt. Nach dem Kühlen und Entfernen der Komponenten von dem Dorn, wird ein Verbundschlauch mit einem Lumen gebildet, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, sowie einem Hohlraum der das Lumen umgibt. In einem derartigen Ausführungsbeispiel ist kein Klebstoff oder anderer Anbringungsmechanismus erforderlich, um die ersten und zweiten langgestreckten Glieder zu verbinden. Andere Ausführungsbeispiele können einen Klebstoff oder einen anderen Anbringungsmechanismus nutzen, um die zwei Glieder zu verkleben bzw. zu bonden oder anderweitig zu verbinden. In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das zweite langgestreckte Glied **205** nach der Extrusion und dem Anordnen der Heizfäden gekühlt werden, um die Position der Heizfäden zu fixieren. Das zweite langgestreckte Glied **205** kann dann wieder erwärmt werden, wenn es auf dem Dorn angebracht ist, um die Bindung zu verbessern. Beispielhafte Verfahren für das Wiedererwärmen weisen Punkterwärmungsvorrichtungen, beheizte Rollen etc. auf.

[0296] Das Verfahren kann ebenfalls das Bilden von Paaren von Heiz- oder Abtastfäden in eine Verbindungsschleife an einem Ende des Verbundschlauchs aufweisen.

[0297] Beispielsweise können Endbereiche von zwei Heiz- oder Abtastfäden aus dem zweiten langgestreckten Glied **205** herausgewickelt werden und dann in eine Verbindungsschleife geformt werden, z. B. durch Binden bzw. Verknüpfen, Bonden, Löten, Anhaften, Verschmelzen etc. der zwei Fasern bzw. Fäden miteinander. Als ein weiteres Beispiel können Endbereiche der Heizfäden frei von dem zweiten langgestreckten Glied **205** während des Herstellungsprozesses gelassen werden und in eine Verbindungsschleife geformt werden, wenn der Verbundschlauch zusammengebaut bzw. hergestellt wird.

[0298] Nun unter Bezugnahme auf **Fig. 23A–Fig. 23H** umfasst ein alternatives Verfahren zum Bilden eines Schlauchs **201** ein Extrudierwerkzeug **2301** mit einer Reihe von Strömungspfaden, die entlang von diesem verlaufen. Das Extrudierwerkzeug **2301** kann verwendet werden, um Schläuche zu bilden, wie z. B. die beispielhaften Schläuche, die in den **Fig. 23G** und **Fig. 23H** gezeigt sind. Wie gezeigt, können die Schläuche, die unter Verwendung des Extrudierwerkzeugs **2301** hergestellt sind, eine Vielzahl von ersten langgestreckten Glieds **203** aufweisen, die sich im Allgemeinen entlang der Längsachse des Schlauchs erstrecken. In einigen Ausführungsbeispielen weist das Extrudierwerkzeug **2301** einen Körper **2310** und eine mittlere Verlängerung **2320** auf. In einigen Ausführungsbeispielen sind der Körper **2310** und die Verlängerung **2320** im Allgemeinen zylindrisch. Der Körper **2310** kann einen oder mehrere Strömungspfade **2312** aufweisen, die den Durchfluss eines geschmolzenen Kunststoffes oder eines anderen Materials durch den Körper **2310** von einem Eingangs-

ende **2314** zu einem Ausgangs- oder Extrusionsende **2316** ermöglichen. In einigen Ausführungsbeispielen haben die Strömungspfade einen im Wesentlichen konischen Längsquerschnitt (d. h. sie sind breiter wo der geschmolzene Kunststoff zunächst bei dem Eingang **2314** eintritt und schmaler nahe dem Extrusionsende **2316**). Die Strömungspfade können verschiedene Konfigurationen aufweisen und Schläuche **201** mit unterschiedlichen Profilen herstellen. Beispielsweise kann die Strömungspfadkonfiguration, die an dem Ausgangs- oder Extrusionsende **2316** in **Fig. 23C** und **Fig. 23D** gezeigt ist, einen Schlauch **201** mit einem Endansichtsprofil erzeugen, das in **Fig. 23A** gezeigt ist. **Fig. 21B** zeigt eine Endansicht des Schlauchs der **Fig. 23A**, der das zweite langgestreckte Glied **205** aufweist, welches Heizfäden **215** aufweisen kann, die zwischen benachbarten Blasen oder ersten langgestreckten Gliedern **203** angeordnet sind. Im Gebrauch ist das Werkzeug **2301** so angepasst, dass es sich dreht, um den Schlauch **201** zu induzieren, spiralförmig gebildet zu werden. Wie in **Fig. 23F** gezeigt, kann die mittlere Verlängerung **2320** das Extrudierwerkzeug **2301** mit einem Extruder **2330** koppeln. Lager **2322**, die zwischen der mittleren Verlängerung **2320** und dem Extruder **2330** angeordnet sind, können es ermöglichen, dass die mittlere Verlängerung **2320** und der Körper **2310** sich relativ zu dem Extruder drehen. Die Rotationsrate des Werkzeugs **2301** kann angepasst werden, um den Teilungsabstand oder den Steigungswinkel des ersten langgestreckten Glieds **203** zu verändern. Beispielsweise kann eine schnellere Rotationsrate einen kleineren Steigungswinkel erzeugen, wie in **Fig. 23G** gezeigt. Eine langsamere Rotationsrate kann einen größeren Steigungswinkel erzeugen, wie in **Fig. 23H** gezeigt.

[0299] Wie vorangehend unter Bezugnahme auf **Fig. 8A** und **Fig. 8B** diskutiert, können bestimmte Ausführungsbeispiele einen Verbundschlauch mit variablem Teilungsabstand aufweisen. Bei der Herstellung derartige Ausführungsbeispiele sind vorzugsweise ein Dorn **2101** und ein Steuersystem vorgesehen, die den effektiven Teilungsabstand des ersten langgestreckten Glieds **203** und des zweiten langgestreckten Glieds **205** (d. h. die „Seilstränge“) verändern können. Dies kann beispielsweise erreicht werden, indem das Verhältnis der Seilstranggeschwindigkeit zu der Kreiselbewegungsrate des Dorns **2101** gesteuert wird, während eine konstante tangentielle Geschwindigkeit bei der kritischen Abmessung, d. h. dem Teilungsabstandsmittendurchmesser der Seilstränge beibehalten wird. Der Teilungsabstandsmittendurchmesser bestimmt die Teilungsabstandsmitte, die durch die Mitte der Seilstränge geht bzw. verläuft. Dieser Wert hängt von der Geschwindigkeit ab. Er ist ebenfalls vorhersagbar, so dass wenn sich der Teilungsabstandsmittendurchmesser von dem erwarteten unterscheidet, die Geschwindigkeit angepasst werden kann, um den Teilungsabstandsmittendurchmesser auf den erwarteten Wert zu bringen. Das Verändern des effektiven Abstands kann ebenfalls erreicht werden, indem beispielsweise das Verhältnis der Seilstranggeschwindigkeit zu der Kreiselbewegungsrate des Dorns **2101** gesteuert wird, während eine konstante Rotationsgeschwindigkeit für den spiralförmigen Verbundschlauch **201**, der auf diese Weise geformt wird, beibehalten wird. Durch Steuern der Seilstranggeschwindigkeit werden jegliche Veränderungen in der Extrudatausgabe kompensiert.

[0300] Noch ein weiterer Ansatz zur Herstellung eines Verbundschlauchs **201** mit variablem Teilungsabstand verwendet ein integriertes System in dem die Extrusionsrate und die Kreiselbewegungsrate des Dorns **2101** einheitlich verändert werden. Beispielsweise kann in diesem Modus die Seilstranggeschwindigkeit die gleiche bleiben, aber die Kreiselbewegungsrate des Dorns **2101** wird bei Aktivierung ein Herabsenken der Extrusionsrate erfordern, um die Extrudatausgabe mit der tangentialen Geschwindigkeit des auf diese Weise geformten Spiralschlauchs **201** abzugleichen.

[0301] Noch ein weiterer Ansatz zur Herstellung eines Verbundschlauchs **201** mit variablem Teilungsabstand bewegt den Einfallswinkel des zweiten langgestreckten Glieds **205** und des ersten langgestreckten Glieds **201**, um den Teilungsabstand des Schlauchs **201** zu verändern. In diesen Ausführungsbeispielen können sich die Extruder auf einer Gleitbahn befinden, die eine Veränderung des Winkels ermöglicht, wie beispielsweise Drehtisch bzw. Drehteller, wo sich der Drehpunkt befindet, wo das zweite langgestreckte Glied **205** und das erste langgestreckte Glied **203** auf den Dorn **2101** treffen. Dieses Verfahren kann eine Variation des Teilungsabstands von bis zu 3–5 mm (oder ungefähr 3–5 mm) ermöglichen.

[0302] Als nächstes wird auf **Fig. 24A** bis **Fig. 24F** Bezug genommen, die Transversalquerschnitte der Schläuche zeigen, die ein einzelnes schlauchförmiges Element mit einem ersten langgestreckten Glied oder Teil **203** und einem zweiten langgestreckten Glied oder Teil **205** aufweisen. Wie dargestellt, sind die zweiten langgestreckten Teile **205** integral mit den ersten langgestreckten Teilen **203** gebildet und erstrecken sich entlang der gesamten Länge des einzelnen schlauchförmigen Elements. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist das einzelne schlauchförmige Element ein langgestreckter Hohlkörper, der im Transversalquerschnitt eine relativ dünne Wand besitzt, die teilweise den hohlen Teil **2201** definiert, und zwar mit zwei Verstärkungsteilen **205** mit vergleichsweise größerer Dicke oder vergleichsweise größerer Steifigkeit auf gegenüberliegenden Seiten des langgestreckten Hohlkörpers benachbart zu der relativ dünnen Wand. Diese Verstärkungsteile bilden einen Teil der Innenwand des Lumens **207** nachdem der langgestreckte Hohlkörper spiralförmig gewickelt wurde, so

dass diese Verstärkungsteile ebenfalls spiralförmig zwischen benachbarten Windungen des langgestreckten Hohlkörpers positioniert werden.

[0303] In zumindest einem Ausführungsbeispiel weist das Verfahren das Bilden eines langgestreckten Hohlkörpers auf, der den ersten langgestreckten Teil **203** und den Verstärkungsteil **205** aufweist. Die Extrusion ist ein geeignetes Verfahren, um den langgestreckten Hohlkörper zu formen. Geeignete Querschnittsformen für das schlauchförmige Element sind in **Fig. 24A** bis **Fig. 24F** gezeigt.

[0304] Der langgestreckte Hohlkörper kann in einen medizinischen Schlauch, wie vorangehend beschrieben, geformt werden, und die vorangehende Diskussion bzw. Beschreibung ist durch diese Bezugnahme berücksichtigt. Beispielsweise weist in zumindest einem Ausführungsbeispiel ein Verfahren zur Herstellung eines medizinischen Schlauchs das spiralförmige Wickeln oder Winden des langgestreckten Hohlkörpers um einen Dorn auf. Dies kann bei einer erhöhten Temperatur erfolgen, so dass der langgestreckte Hohlkörper abgekühlt wird, nachdem er spiralförmig gewickelt wurde, um benachbarte Windungen miteinander zu verbinden. Wie in **Fig. 24B** gezeigt, können sich die Kantenteile gegenüberliegender Seiten des Verstärkungsteils **205** bei benachbarten Windungen berühren. In anderen Ausführungsbeispielen können sich Kantenteile gegenüberliegender Seiten des zweiten langgestreckten Glieds **205** bei benachbarten Windungen überlappen, wie in **Fig. 24D** und **Fig. 24E** gezeigt. Heizfäden **215** können in das zweite langgestreckte Glied eingebaut sein, wie vorangehend erläutert und wie in **Fig. 24A** bis **Fig. 24F** gezeigt. Beispielsweise können Heizfäden auf gegenüberliegenden Seiten des langgestreckten Hohlkörpers vorgesehen sein, wie in **Fig. 24A–Fig. 24D** gezeigt. Alternativ können Heizfäden auf nur einer Seite des langgestreckten Hohlkörpers vorgesehen sein, wie in **Fig. 24E–Fig. 24F** gezeigt. Jegliche dieser Ausführungsbeispiele können ebenfalls das Vorhandensein von Abfühl- bzw. Abtastfäden beinhalten.

Anordnung eines Verbindungsstücks des Kammerendes mit elektrischer Anschlussfähigkeit

[0305] Es wird als nächstes Bezug genommen auf **Fig. 25A**, die ein beispielhaftes Flussdiagramm zur Anbringung eines Verbindungsstücks an dem Ende des Schlauchs zeigt, das im Gebrauch konfiguriert ist, um mit einem Befeuchter verbunden zu werden. Beispielsweise wird, wie vorangehend unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben, der Einlass **109** des Inspirationsschlauchs **103** mit dem Befeuchter **107** über den Anschluss **111** verbunden. Das beispielhafte Flussdiagramm der **Fig. 25A** kann ein Einlass **109** in die Lage versetzen, physisch und elektrisch mit dem Befeuchter **107** verbunden zu werden.

[0306] In diesem Beispiel wird eine Dichtung **2503** in ein Dichtungsgehäuse **2501** eingeführt. Der Vorgang der Dichtungseinführung ist ebenfalls detaillierter in **Fig. 25B** gezeigt. Das Dichtungsgehäuse **2501** besteht aus einem geformten bzw. gegossenen Kunststoff. Ein offenes Ende ist zur Verbindung mit einem Befeuchter dimensioniert und konfiguriert. Die Dichtung **2503** kann ein O-Ring sein, wie in **Fig. 25B** gezeigt. Eine geeignete Konfiguration für den O-Ring kann eine doppelt torische bzw. wulstförmige Konfiguration sein, die dicke, konzentrische Wulste aufweist, die durch ein dünneres Netz verbunden sind. In diesem Beispiel ist der O-Ring aus einem einzelnen Elastomermaterial gebildet, wie beispielsweise Gummi oder Silikon. Die Dichtung **2503** sitzt in einer konformen Kante in dem Dichtungsgehäuse **2501**. Die Dichtung **2503** ist ausgelegt, um gegenüber einer Außenoberfläche des Anschlusses der Befeuchterkammer abzudichten. Die Dichtung **2503** kann sich beugen bzw. verwinden, um sich entlang der Außenoberfläche des Anschlusses zu erstrecken. Mit anderen Worten weist die Doppel-O-Ring-Konfiguration einen inneren O-Ring und einen äußeren O-Ring auf, die durch einen Flansch verbunden sind. Der äußere O-Ring wird innerhalb des Verbindungsstücks abgedichtet, während sich der innere O-Ring entlang des Flanschteils ablenken und gegen die Außenoberfläche des Anschlusses quetschen kann. In einer derartigen Position kann eine horizontale Ebene, die sich durch eine Mittelachse des inneren O-Rings erstreckt, in einer unterschiedlichen Ebene liegen als eine horizontale Ebene, die sich durch eine Mittelachse des äußeren O-Rings erstreckt.

[0307] Sich wieder dem Beispiel der **Fig. 25A** zuwendend, wird eine Leiterplatte bzw. PCB in ein konformes Dock auf dem Dichtungsgehäuse **2501** eingeführt. Der Vorgang der Leiterplatteneinführung ist detaillierter in **Fig. 25C** gezeigt. In **Fig. 25C** wird eine Anordnung **2505**, die eine Leiterplatte und ein elektrisches Verbindungselement einer Leiterplatte aufweist, in ein konformes Dock auf dem Dichtungsgehäuse **2501** eingeführt. Eine Vielzahl von Leiterplatten geeigneter Größe und Konfiguration kann verwendet werden. Eine Vielzahl von elektrischen Leiterplatten-Verbindungsstücken kann ebenfalls verwendet werden. Beispielsweise kann das elektrische Leiterplatten-Verbindungsstück ein nicht gekreuztes Verbindungsstück oder ein bidirektionales Verbindungsstück sein. Die Leiterplatte weist vier Verbindungsanschlüsselemente auf, die zur Aufnahme von vier leitenden Fasern geeignet sind, die in dem zweiten langgestreckten Glied des Schlauchs eingelagert sind. Die

Leiterplatte kann jedoch so konfiguriert sein, dass sie eine geeignete Anzahl von leitenden Fasern aufnimmt, wenn das zweite langgestreckte Glied mehr oder weniger als vier leitende Fasern enthält.

[0308] Sich wieder dem Beispiel der **Fig. 25A** zuwendend, und wie detaillierter in **Fig. 25D** gezeigt ist, wird eine Dichtungsrückhaltevorrichtung **2507** auf ein offenes Ende des Dichtungsgehäuses **2501** geklinkt bzw. geklemmt, wobei die Dichtung **2503** auf der konformen Kante sitzt. Das Festklemmen der Dichtungsrückhaltevorrichtung **1507** an der Stelle komprimiert die Dichtung **2503** und bildet dadurch eine flüssigkeits- und gasresistente Verbindung zwischen dem Dichtungsgehäuse **2501** und der Dichtungsrückhaltevorrichtung **2507**. In diesem Beispiel besteht die Dichtungsrückhaltevorrichtung **2507** aus einem geformten bzw. gegossenen Kunststoff. In diesem Beispiel weist die Dichtungsrückhaltevorrichtung **2507** ebenfalls einen vorragenden Teil auf, der so dimensioniert und geformt ist, dass er um die Leiterplatte herum passt. Der vorragende Teil dient dem Stützen und Schützen der biegsameren und fragileren Leiterplatte. Der vorragende Teil kann jedoch in bestimmten Ausführungsbeispielen weggelassen werden. Die resultierende Anordnung, die das Dichtungsgehäuse **2501**, die Dichtung **2503**, die Leiterplatte und die Leiterplatten-Verbindungsstückanordnung **2505** auf sowie die Dichtungsrückhaltevorrichtung **2507** aufweist, wird hierin als eine Verbindungsstück-Schlauchanordnung **2515** bezeichnet.

[0309] Sich wieder dem Beispiel der **Fig. 25A** zuwendend, wird der Schlauch zur Verbindung mit der Verbindungsstück-Schlauchanordnung **2515** vorbereitet. Wie in **Fig. 25A** und detaillierter in **Fig. 25E** gezeigt, wird in Schritt **2511** ein Teil des zweiten langgestreckten Glieds an einem Ende des Schlauchs von dem ersten langgestreckten Glied gelöst. Dann wird in Schritt **2513** eine Länge des abgetrennten, zweiten langgestreckten Glieds entfernt, um vier leitende Fasern (oder die Anzahl der leitenden Fasern bzw. Fäden, die in dem zweiten langgestreckten Glied enthalten ist) freizulegen. Schritt **2513** ist detaillierter in **Fig. 35F** gezeigt.

[0310] Wie in **Fig. 25A** erläutert und detaillierter in **Fig. 25G** gezeigt, wird der Teil des Schlauchs mit der abgetrennten Länge des zweiten langgestreckten Glieds in die Verbindungsstück-Schlauchanordnung **2515** eingeführt. In **Fig. 25G** weist das zweite langgestreckte Glied **205** eine gebogene Form auf, um sich an die Position der Leiterplatten-Verbindungsstückanordnung **2505** anzupassen. Die Leiterplatten-Verbindungsstückanordnung **2505** kann ebenfalls so dimensioniert und positioniert sein, dass sie die gebogene Form verringert oder beseitigt, beispielsweise indem die Leiterplatten-Verbindungsstückanordnung weiter zu dem Verbindungsstückende hin verschoben wird. Wie in Schritt **2517** der **Fig. 25A** und **Fig. 25H** gezeigt, werden vier leitende Fasern in die vier Verbindungselemente der Leiterplatte eingeführt. Dann wird, wie in **Fig. 25A** und **Fig. 25I** gezeigt, eine Wulst von Lot **2519** über jeder Faser-Verbindungselement-Verbindung angeordnet, um die Faser an dem Verbindungselement zu befestigen und um eine gute elektrische Verbindung zwischen jeder Faser und ihrem entsprechenden Verbindungselement sicherzustellen.

[0311] Der vorangehende Schritt des Anordnens der Wulst aus Lot **2519** kann in bestimmten Ausführungsbeispielen weggelassen werden. **Fig. 26A–Fig. 26E** zeigen eine beispielhafte Konfiguration der Verbindungsstückanordnung, die kein Löten erfordert, um die Fasern mit der Verbindungsstückanordnung zu verbinden.

[0312] **Fig. 26A** zeigt eine Verbindungsstückanordnung **2601**, die Klemmen- bzw. Clip-Gehäuse **2603** und ein Kreislaufverbindungsstück **2605** aufweist. Die abgetrennte Länge **2607** des zweiten langgestreckten Glieds **205** legt die Heizfäden **215** frei, die in die Klemmen **2609** in dem Klemmengehäuse **2403** eingeführt werden können. Jede Klemme **2609** ist elektrisch leitende. Geeignete Materialien für eine Klemme **2609** weisen beispielsweise Aluminium, Kupfer und Gold auf. Eine Klemme **2609** hält einen Heizfaden **215** ohne Löten zu erfordern. Eine elektrische Leitung **2611** kann zwischen jeder Klemme **2609** und dem Kreislaufverbindungsstück **2605** verlaufen.

[0313] **Fig. 26B** zeigt eine Sicht von oben nach unten der Verbindungsstückanordnung **2601**, die die Klemmen **2609** zeigt, die in dem Klemmengehäuse **2603** positioniert sind.

[0314] **Fig. 26C** zeigt eine Klemme **2609** im größeren Detail. Die Klemme **2609** weist einen gefalteten Teil **2613**, einen Rückhaltestreifenteil **2615**, einen Flanschteil **2617** und einen langgestreckten Teil **2619** auf. Ein Heizfaden (nicht gezeigt) wird in den Flanschteil **2617** eingeführt, so dass der gefaltete Teil **2613** den Heizfaden aufnimmt und zurückhält. Die Form des Flanschteils **2617** ermöglicht die Einführung des Heizfadens und führt den Heizfaden an Ort und Stelle. Nichtsdestotrotz kann der Flanschteil **2617** eine gerade Form aufweisen, wenn dies erwünscht ist. Der Flanschteil **2617** kann ebenfalls eine andere geeignete Form aufweisen, wie beispielsweise eine teilweise geflanschte. Der gefaltete Teil weist einen Klinkenteil **2621** auf, der mit dem Rückhaltestreifenteil **2615** konform ist. Der Rückhaltestreifenteil **2615** ist so gewinkelt, dass ein Heizfaden imstande ist an dem Rückhaltestreifenteil **2615** vorbei in einer Richtung in den gefalteten Teil **2613** zu gleiten.

Der Rückhaltestreifenteil **2615** erfasst den Heizfaden ebenfalls, um zu verhindern, dass dieser unbeabsichtigt aus dem gefalteten Teil **2613** heraus fällt. Der langgestreckte Teil **2619** ist elektrisch leitende und überträgt den elektrischen Strom von dem Heizfaden in das Klemmengehäuse **2603** und/oder über dieses hinweg.

[0315] Fig. 26D ist ein Querschnitt der Ansicht der Fig. 26C und zeigt detaillierter die Position des Streifen-teils **2615** und des Klinkenteils **2621**. Fig. 26E zeigt, wie die Klemmen **2609** in dem Klemmengehäuse **2603** positioniert sind. Das Klemmengehäuse **2603** ist transparent dargestellt, um die Position des langgestreckten Teils **2619** zu demonstrieren.

[0316] Wieder auf Fig. 25A Bezug nehmend, wird, um sicherzustellen, dass sämtliche Stücke der Verbindungsstück-Schlauchanordnung **2513** fest aneinander befestigt sind, dann eine Schicht von Klebstoff **2521** aufgetragen. Klebstoff ist ein breiter Begriff und bezeichnet ein Material zum Verbinden, Fixieren oder Anbringen anderer Materialien. Ein Klebstoff kann anhaftend oder klebrig bei der Berührung sein, wenn er sich in einem flüssigen oder halbfesten Zustand befindet. Wenn der Klebstoff ausgetrocknet ist oder in anderer Weise in einen festen Zustand ausgehärtet ist, kann der Klebstoff anhaftend oder nicht anhaftend oder nicht klebrig bei Berührung sein. Der Klebstoff kann ein Harz, wie beispielsweise ein Epoxidharz, oder ein Elastomer (Duroplast oder Thermoplast) sein. Die Verwendung von TPE-Materialien kann vorteilhaft sein, da sie im Allgemeinen biegsam sind und ein Verdrehen, Biegen oder Druck ohne Zersplittern aufnehmen können.

[0317] Ein beispielhaftes Verfahren zum Auftragen von Klebstoff **2521** ist in Fig. 25J gezeigt. In diesem Verfahren ist eine Zwei-Block-Form vorgesehen. In diesem Beispiel besteht die Form aus einem Metall, wie beispielsweise Aluminium oder rostfreiem Stahl, es kann jedoch irgendein geeignetes Material verwendet werden. Beispielsweise kann die Form aus Teflon®-PTFE-Blöcken bestehen. Ein Block ist so konfiguriert, dass er die vorragende Leiterplatte und die Leiterplatten-Verbindungsstückanordnung **2505** der Verbindungsstück-Schlauchanordnung **2515** und den angrenzenden Schlauch unterbringt, und der andere Block ist so konfiguriert, dass er den gegenüberliegenden Teil des Schlauchs und die Verbindungsstück-Schlauchanordnung **2515** unterbringt. Der Schlauch wird in den konformen Formteilen so angeordnet, dass die Blöcke aufeinander gestapelt werden. Ein flüssiger Klebstoff wird in das Einlassloch in der Form eingeführt, und es wird zugelassen, dass der Klebstoff aushärtet. Dann wird die Form entfernt, um die verklebte Schlauch-und-Verbindungsstückanordnung **2523** freizulegen, die eine Schicht ausgehärteten Klebstoff **2521** aufweist, der die Leiterplatte und die Verbindung zwischen dem Schlauch und der Verbindungsstück-Schlauchanordnung **2515** abdeckt. Die Klebstoffschicht kann die Leiterplatte und sämtliche der gelöteten Verbindungen auf der Leiterplatte abdecken. Auf diese Weise kann die Schicht des Klebstoffs die Leiterplatte und die Verbindungen vor Korrosion schützen. Mit anderen Worten erfüllt der Klebstoff drei Funktionen: Abdichten des Verbindungsstücks und der Leitung, Halten der Leiterplatte an der Stelle und Vergießen der Leiterplatte; die Klebstoffschicht formt eine pneumatische Dichtung, eine mechanische Verbindung und einen Verguss für die Leiterplatte. Zusätzlich kann die Klebstoffschicht als eine elektrische Isolationsbarriere dienen, beispielsweise indem Feuchtigkeit und Flüssigkeiten abgehalten werden, die elektrischen Komponenten zu erreichen und einen leitenden Pfad zu einem Nutzer der Vorrichtung zu erzeugen.

[0318] Zurück zu Fig. 25A kehrend, befindet sich die Schlauch-und-Verbindungsstück-Anordnung **2523** dann im Zustand für den finalen Zusammenbau. Wie detaillierter in Fig. 25K gezeigt, werden ein erster Greifer **2525** und ein zweiter Greifer **2527** zusammen um die Schlauch-und-Verbindungsstück-Anordnung **2523** geschnappt, so dass ein Teil des Leiterplatten-Verbindungsstücks exponiert gelassen wird. Der erste Greifer **2523** und der zweite Greifer **2527**, die in Fig. 25K gezeigt sind, sind obere bzw. untere Greifer bzw. Klemmen.

[0319] Ein alternativer Greifer- bzw. Klemmenaufbau ist in Fig. 27A–Fig. 27E gezeigt, in denen die ersten **2525** und zweiten **2527** Greifer linke bzw. rechte Greifer sind. Die Teile der Greifer **2525**, **2527** (Fig. 25K oder Fig. 27A–Fig. 27E) können aus geformten bzw. gegossenem Kunststoff oder irgendeinem anderen geeigneten Material bestehen. Die Teile der Greifer **2525**, **2527** (Fig. 25K oder Fig. 27A–Fig. 27E) dienen dazu, die Schlauch-und-Verbindungsstück-Anordnung **2523** (Fig. 25A und Fig. 25J) weiter zu schätzen und die Schlauch-und-Verbindungsstück-Anordnung in einer gebogenen Position zu halten, die die Rückführung des Kondensats zu der Befeuchtereinheit im Gebrauch zu fördern. Wie in Fig. 25L gezeigt, kann der finale Aufbau in einfacher Weise in einen Befeuchter mit einem konformen elektrischen Verbindungsstück nahe des Verbindungsanschlusses greifen bzw. einschnappen.

[0320] Obwohl das vorangehende Herstellungsverfahren unter Bezugnahme auf ein Flussdiagramm beschrieben wurde, sieht das Flussdiagramm lediglich ein beispielhaftes Verfahren zur Anbringung eines Verbindungsstücks an dem Ende des Schlauchs vor, der konfiguriert ist, um im Gebrauch mit einem Befeuchter verbunden zu werden. Das hierin beschriebene Verfahren impliziert keine feste Reihenfolge der Schritte. Noch impliziert

es, dass irgendein Schritt erforderlich ist, um das Verfahren zu praktizieren. Die Ausführungsbeispiele können in irgendeiner Reihenfolge und Kombination praktiziert werden, die praktikabel ist.

Anordnung alternativer Verbindungsstücke des Vorrichtungsendes

[0321] Als nächstes wird Bezug genommen auf **Fig. 28A–Fig. 28F**, die ein Verbindungsstück zeigen, welches für medizinische Kreisläufe verwendet werden kann, wobei elektrische Drähte durch dieses verlaufen. Das Verbindungsstück **2801** weist einen Ausschnitt **2802** auf, welcher in bestimmten Ausführungsbeispielen quer 30 mm (oder ungefähr 30 mm) beträgt. In bestimmten Ausführungsbeispielen befindet sich an einem Ende des Ausschnitts **2802** ein L-förmiger Arm **2803**, der sich teilweise von dem Verbindungsstück **2801** nach außen und teilweise parallel zu der Längsachse des Verbindungsstücks **2801** erstreckt.

[0322] Der Arm **2803** kann einen oder mehrere elektrische Leiter **2804** aufweisen, die in diesem eingebettet sind. Die Leiter **2804** können aus Kupfer oder Messing oder irgendeinem geeigneten leitenden Material bestehen und können als L-förmige Stücke geformt sein, die im Wesentlichen entlang der Länge des Arms **2803** verlaufen.

[0323] Das Verbindungsstück **2801** kann ferner einen inneren Teil **2805** aufweisen, der angepasst ist, um im Wesentlichen innerhalb eines Teils des Schlauchs **201** zu sitzen, sowie einen äußeren Teil **2806**, der angepasst ist, um im Wesentlichen einen Teil des Schlauchs **201** zu umgeben.

[0324] Ein Teil des zweiten langgestreckten Glieds **205** ist entfernt, um die eine oder die mehreren Fasern bzw. Fäden **215**, die darin eingebettet sind, freizulegen. Vorzugsweise sind ungefähr 5 mm der Fasern **215** freigelegt. Das Verbindungsstück **2801** wird dann an dem Schlauch **215** in einer solchen Art und Weise angebracht, dass der innere Teil **2805** innerhalb des Schlauchs **201** sitzt und der äußere Teil **2806** um den Schlauch **201** herum sitzt. Vorzugsweise ist das Verbindungsstück **2801** so ausgerichtet, dass die freigelegten Enden der Fasern **215** bei oder nahe des Ausschnitts **2802** gelegen sind.

[0325] Die freigelegten Enden der Fasern **215** werden dann elektrisch und/oder physisch mit den Leitern **2804** verbunden. Dies kann getan durch Löten der Enden der Leiter **2804** oder durch irgendein anderes in der Technik bekanntes Verfahren getan werden.

[0326] Ein Glied **2807** kann eingeführt oder oben auf zumindest einen Teil des Verbindungsstücks **2801** und optional des Schlauchs **201** geformt werden, um die Anbringung zwischen dem Verbindungsstück **2801** und dem Schlauch **201** zu fördern. Das Glied **2807** kann ein hartes Material oder ein weiches Material sein, wie beispielsweise weiches Gummi oder ein Elastomer.

[0327] In einigen Ausführungsbeispielen kann ein im Wesentlichen L-förmiger Ellbogen bzw. Winkel **2808** über der Anordnung angeordnet sein. Der Winkel **2808** kann einige zusätzliche Festigkeit für die Verbindung vorsehen und kann eine vorbestimmte Biegung in dem Schlauch **201** vorsehen (so dass das Verbindungsstück **2801** dazu neigt, mit einem Winkel von ungefähr 90° zu dem Körper des Schlauchs **201** zu sitzen).

[0328] Als nächstes wird Bezug auf **Fig. 29A–Fig. 29L** genommen, die ein weiteres Verbindungsstück **2901** zeigen, welches für medizinische Kreisläufe verwendet werden kann, wobei elektrische Drähte durch dieses verlaufen. Zunächst auf **Fig. 29A** Bezug nehmend, erlaubt das Verbindungsstück **2901**, dass ein Verbundschlauch mit einer Vorrichtung, wie beispielsweise einer CPAP-Vorrichtung (nicht gezeigt) verbunden wird. Das Verbindungsstück **2901** trägt einen elektrischen Anschluss auf einem L-förmigen Arm **2903**, welches in Eingriff mit einem komplementären, elektrischen Anschluss der Vorrichtung steht, um es zu ermöglichen, dass elektrische Signale oder elektrische Energie zwischen der Vorrichtung und einem Verbundschlauch übertragen werden. In der dargestellten Anordnung ist der elektrische Anschluss des Verbindungsstücks **2901** ein Stecker **2905**, der mit einer Steckerbuchse oder einem Anschluss der Vorrichtung übereinstimmt. Diese Anordnung könnte jedoch auch umgekehrt werden, wenn dies erwünscht ist. In diesem Beispiel kommuniziert der Stecker elektrisch mit den elektrischen Kontakten **2906**, um eine elektrische Verbindung mit einem Verbundschlauch aufzubauen. Hier sind die elektrischen Kontakte **2906** in das Verbindungsstück **2901** geformt bzw. gegossen. Das Verbindungsstück **2901** weist ferner Faserhaltevorrichtungen **2907** auf, die ebenfalls in das Verbindungsstück **2901** geformt sind. Das Verbindungsstück **2901** weist ebenfalls einen Ausschnitt **2902** auf, der in bestimmten Ausführungsbeispielen quer 30 mm (oder ungefähr 30 mm) beträgt.

[0329] Wie in **Fig. 29B** und **Fig. 29C** gezeigt, wird ein Teil (z. B. ein 10-mm-Teil) des zweiten langgestreckten Glieds **205** entfernt, um eine kleine Länge der einen oder mehreren Fasern **215**, die darin eingebettet sind, freizulegen. Vorzugsweise werden ungefähr 5 mm oder 10 mm der Fasern **215** freigelegt.

[0330] Wie in **Fig. 29E** gezeigt, wird das Verbindungsstück **2901** dann an dem Schlauch **215** so angebracht, dass ein innerer Teil **2909** des Verbindungsstücks **2901** innerhalb des Schlauchs **201** sitzt und ein äußerer Teil **2911** des Verbindungsstücks **2901** um den Schlauch **201** herum sitzt. Vorzugsweise sind das Verbindungsstück **2901** und der Verbundschlauch **201** so ausgerichtet, dass die freigelegten Enden der Fasern **215** bei oder nahe des Ausschnitts **2902** gelegen sind und die Fasern **215** sind so ausgerichtet, dass sie sich nahe der Kontakte **2906** treffen.

[0331] Wie in **Fig. 29F** gezeigt, sind die Heizfäden **215** unter der Drahthaltevorrichtung **2907** positioniert, so dass jeder Heizfaden **215** über einem Kontakt **2906** positioniert ist.

[0332] Wie in **Fig. 29G** gezeigt, ist eine Wulst aus Lot **2913** über jedem Heizfaden **215** bei dem entsprechenden Kontakt **2906** angeordnet. Die Kombination des Verbindungsstücks **2901** und des Verbundschlauchs **201** wird hier als eine Verbindungsstück-Schlauch-Anordnung **2917** bezeichnet. Wie in **Fig. 29H** gezeigt, wird ein Formwerkzeugkern **2915** in das Verbindungsstück **2901** eingeführt. Wie in **Fig. 29I** gezeigt, werden die Verbindungsstück-Schlauch-Anordnung **2917** und der Kern **2915** in einem Spritzgussformwerkzeug **2919** angeordnet. In **Fig. 29J** wird ein Formmaterial **2921** über den Ausschnitt (nicht gezeigt) geformt bzw. spritzgegossen, wodurch das Verbindungsstück **2901** und der Verbundschlauch **201** verbunden werden. Geeignete Formmaterialien **2921** umfassen Kunststoff und Gummi bzw. Kautschuk. Die Verbindungsstück-Schlauch-Anordnung **2917** und der Kern werden aus dem Spritzgussformwerkzeug (nicht gezeigt), wie in **Fig. 29K** gezeigt, entfernt.

[0333] Wie in **Fig. 29L** gezeigt, wird der Kern **2915** entfernt, wodurch ein Verbundschlauch **201** mit einem Verbindungsstück **2901** des Vorrichtungsendes vorgesehen wird. Das Verfahren der **Fig. 29A–Fig. 29J** ermöglicht es, dass der Stecker **2903** elektrisch mit den Heizfäden und/oder anderen elektrischen Element(en) (nicht gezeigt) des Verbundschlauchs **201** verbunden wird. Vorzugsweise liefert der Heizkreislauf der Vorrichtung elektrische Energie an den Heizfaden des Verbundschlauchs **201**, so dass der Heizfaden Wärmeenergie an den Strom der befeuchteten Luft liefern kann, die durch den Verbundschlauch **201** hindurchgeht. Wie hierin diskutiert, kann eine derartige Anordnung die Kondensation innerhalb des Verbundschlauchs **201** verhindern oder begrenzen. Zusätzlich oder alternativ könnten der Stecker **2903** und der Vorrichtungsanschluss andere elektrische Signale vorsehen, wie beispielsweise Datensignale, die zwischen der Vorrichtung und dem Verbundschlauch **201** kommuniziert werden sollen. Beispielsweise könnte ein Sensor am Ende der Patientenschnittstelle des Verbundschlauchs **201** Daten bezüglich einer oder mehrerer Parameter des Luftstroms (z. B. Temperatur, Feuchtigkeitspegel) zur Verwendung durch das Steuersystem der Vorrichtung vorsehen. Irgendwelche anderen, erwünschten, elektrischen Signale könnten ebenfalls übertragen werden.

[0334] Die vorangehenden Verfahren zur Anbringung der Verbindungsstücke an dem Verbundschlauch sind beispielhaft vorgesehen. Die beschriebenen Verfahren implizieren nicht eine feste Reihenfolge der Schritte. Noch implizieren sie, dass irgendein Schritt erforderlich ist, um die Verfahren zu praktizieren. Die Ausführungsbeispiele können in irgendeiner Reihenfolge und Kombination praktiziert werden, die praktikabel ist.

Anordnung des Verbindungsstücks des Patientenendes mit elektrischer Anschlussfähigkeit

[0335] Es sei als nächstes Bezug auf **Fig. 30A–Fig. 30O** genommen, die ein beispielhaftes Verbindungsstück **3000** zur Verbindung von einem Ende des Schlauchs **201** mit einer Patientenschnittstelle (nicht gezeigt) zeigt. Das Ende des Verbindungsstücks **3000**, das mit der Patientenschnittstelle verbunden ist, wird durch das Bezugszeichen **3001** angezeigt.

[0336] **Fig. 30A** zeigt eine perspektivische Seitenansicht des Verbindungsstücks **3000**.

[0337] Wie in **Fig. 30B–Fig. 30F** gezeigt, weist das Verbindungsstück **3000** eine Leiterplattenanordnung **3003** und einen Einsatz **3005** auf, die gemeinsam als eine Einsatzanordnung **3007** bezeichnet werden, wenn sie zusammengebaut sind, sowie eine Abdeckung **3009**. Jede der **Fig. 30B–Fig. 30D** und **Fig. 30F** zeigt eine perspektivische Seitenansicht, die im Allgemeinen mit der Ansicht der **Fig. 30A** übereinstimmt. **Fig. 30E** zeigt eine Seitendraufsicht.

[0338] Der Einsatz **3005** und die Abdeckung **3009** sind vorzugsweise spritzgegossene bzw. geformte Kunststoffkomponenten. Der Einsatz **3005** kann einem oder mehreren Zwecken dienen, einschließlich dem Vorse-

hen eines Empfängers für den Schlauch **201**, dem Vorsehen einer geeigneten Leitung für den Gasstrompfad, dem Vorsehen eines Gehäuses für die Leiterplattenanordnung **3003** und dem Vorsehen eines Gehäuses für einen Sensor (nicht gezeigt), wie beispielsweise einem Thermistor. Die Abdeckung **3009** schützt die relativ fragile Leiterplattenanordnung **3003** und deckt diese ab und schützt die Verbindung zwischen dem Schlauch **201** und dem Einsatz **3005**. Wie in **Fig. 30D** und **Fig. 30E** gezeigt, kann das Ende des Einsatzes **3005**, das in den Schlauch **201** eingeführt wird (d. h. das Ende das dem Ende **3001** entgegengesetzt ist) abgewinkelt sein, was das Einführen in den Schlauch **201** unterstützen kann. In einigen Ausführungsbeispielen kann das Ende, das dem Ende **3001** entgegengesetzt ist, jedoch stumpf oder verjüngt sein.

[0339] Wie in **Fig. 30D** gezeigt, weist der Einsatz vorzugsweise einen Anschlagsteil **3006a** auf. Der Anschlagsteil **3006a** kann eine korrekte Anordnung des Schlauchs **201** in Bezug auf den Einsatz **3005** fördern. Der Anschlagsteil **3006a** kann ebenfalls dazu dienen, die Leiterplattenanordnung **3003** davor schützen, direkt den Schlauch **201** zu kontaktieren. Eine alternative Konfiguration ist in **Fig. 30E** gezeigt. In **Fig. 30E** ist der Anschlagsteil **3006b** als eine spiralförmige oder schraubenförmige Komponente, wie beispielsweise eine Spirale oder schraubenförmige Rippe gebildet. Diese Konfiguration ist vorteilhaft, da sich die Form mit dem spiralförmig gewickelten Schlauch **201** ergänzt, wodurch eine sichere Verbindung zwischen dem Einsatz **3005** und dem Schlauch **201** vorgesehen wird.

[0340] Noch eine alternative Konfiguration ist in **Fig. 31A** und **Fig. 31B** gezeigt. In diesen Figuren ist ein Anschlagsteil **3006c** als eine spiralförmige oder schraubenförmige Komponente, wie beispielsweise eine Spirale oder schraubenförmige Rippe gebildet. Wieder ist diese Konfiguration vorteilhaft, da sich die Form mit dem spiralförmig gewickelten Schlauch **201** ergänzt (**Fig. 31B**), wodurch eine sichere Verbindung zwischen dem Einsatz **3005** und dem Schlauch **201** vorgesehen wird. In dieser Konfiguration weist der Anschlagsteil **3006c** ein Ausrichtungsanhaltemerkmal **3101** auf. Wie in **Fig. 31B** gezeigt, ist eine Oberfläche des Ausrichtungsanhaltemerkmals **3101** so verjüngt, dass das Ausrichtungsanhaltemerkmal **3101** einer Flosse gleicht. Die Form des Ausrichtungsanhaltemerkmals **3101** kann das zweite langgestreckte Glied **205** des Schlauchs **201** festklemmen, greifen oder in anderer Weise zurückhalten. Das Ausrichtungsanhaltemerkmal **3101** kann auf diese Weise dazu dienen, den Schlauch **201** besser in der korrekten Position zu halten, indem verhindert wird, dass sich der Schlauch **201** verschiebt und/oder dreht.

[0341] Zurück zu **Fig. 30E** kehrend, ist das Patientenende **3001** des Einsatzes **3005** größer als es in **Fig. 30D** ist und stellt dar, wie die Größe für unterschiedliche Anwendungen modifiziert werden kann (beispielsweise Verbinden mit Patientenschnittstellen für Säuglinge oder Erwachsene).

[0342] **Fig. 30G** zeigt einen Querschnitt des Verbindungsstücks **3000** und stimmt im Allgemeinen mit der gleichen perspektivischen Seitenansicht wie **Fig. 30A** überein. In bestimmten Ausführungsbeispielen gibt es einen isolierenden Spalt, wie beispielsweise einen Luftspalt, zwischen dem Schlauch **201** und dem Einsatz **3005**, um den Sensor (nachfolgend diskutiert) vor Wärme zu schützen, die von dem/den Heizfaden/Heizfäden in dem Schlauch **201** ausgestrahlt wird, was Sensorfehler bei niedrigen Flüssen induzieren kann. In **Fig. 30G** würde ein derartiger Spalt über und unter dem Sensorteil **3017** erscheinen. Alternativ ist in bestimmten Ausführungsbeispielen der Einsatz **3005** so gebildet, dass Luftblasen in dem Einsatz **3005** eingekapselt sind. Beispielsweise kann der Einsatz **3005** einen aufgeschäumten Kunststoff aufweisen.

[0343] **Fig. 30H** zeigt einen Querschnitt der Einsatzanordnung **3007** und entspricht im Allgemeinen der perspektivischen Seitenansicht er **Fig. 30D**. **Fig. 30I** zeigt einen alternativen Querschnitt der Einsatzanordnung **3007** und entspricht im Allgemeinen der seitlichen Draufsicht der **Fig. 30E**. Diese Figuren zeigen größere Details bezüglich der relativen Anordnung des Schlauchs **201**, der Einsatzanordnung **3007** und/oder der Abdeckung **3009**.

[0344] Wie in **Fig. 30G–Fig. 30I** gezeigt, weist ein im Allgemeinen ringförmiger Klinkenaufbau **3013**, der zwei geformte Ringe aufweist, die sich radial von dem Körper des Einsatzes **3005** nach außen erstrecken. Die geformten Ringe stimmen mit einer Kerbe **3011** überein, die einen geformten Ring aufweist, der sich radial innerhalb der Abdeckung **3009** erstreckt. Die Kerbe **3011** und der Klinkenaufbau **3013** halten die Abdeckung **3009** auf dem Einsatz **3005**.

[0345] Eine alternative Konfiguration für den Klinkenaufbau **3013** ist in **Fig. 32A** und **Fig. 32B** gezeigt. Wiederum ist der Klinkenaufbau **3013** im Allgemeinen ringförmig und weist zwei geformte Ringe auf, die sich radial von dem Körper des Einsatzes **3005** nach außen erstrecken. Eine Vielzahl von Drehverhinderungsvorsprüngen **3201** erstreckt sich senkrecht zwischen den Ringen. In diesem Beispiel gibt es vier Vorsprünge **3201**, die gleichmäßig um den Umfang des Klinkenaufbaus **3013** in Abständen angeordnet sind (z. B. bei 90°-Interval-

len). Die Vorsprünge **3201** stehen in Eingriff mit konformen Kerben in der Abdeckung (nicht gezeigt) und verhindern, dass sich die Abdeckung auf der Einsatzanordnung dreht. Noch eine andere, alternative Konfiguration für den Klinkenaufbau **3013** ist in **Fig. 32C–Fig. 32D** gezeigt. Wiederum ist der Klinkenaufbau **3013** im Allgemeinen ringförmig und weist zwei geformte Ringe auf, die sich radial außerhalb des Körpers des Einsatzes **3005** erstrecken. Rotationsverhinderungskerbene **3203** sind zwischen den Ringen angeordnet. In diesem Beispiel sind vier Kerben **3203** gleichmäßig in Abständen um den Umfang des Klinkenaufbaus **3013** (z. B. mit 90°-Intervallen) angeordnet. Diese Kerben **3203** stehen in Eingriff mit konformen Vorsprüngen in der Abdeckung (nicht gezeigt) und verhindern, dass sich die Abdeckung auf der Einsatzanordnung dreht.

[0346] **Fig. 30G–Fig. 30I** stellen ferner dar, dass die Leiterplattenanordnung **3003** eine Leiterplatte **3015**, einen Sensorteil **3017** und einen Anordnungsteil **3019** aufweist. Die Leiterplattenanordnung **3003** ist so angeordnet, dass sich im Gebrauch der Sensorteil **3017** innerhalb des Fluidströmungspfads durch den Einsatz **3005** befindet.

[0347] Der Sensorteil **3017** weist einen oder mehrere Sensoren, wie beispielsweise einen Temperatursensor, auf. Der Sensor ist vorzugsweise auf dem vorragenden Teil des Sensorteils **3017** gelegen. Ein geeigneter Temperatursensor umfasst einen Thermistor, ein Thermopaar, einen Widerstandstemperaturdetektor oder einen bimetalischen Thermometer.

[0348] Die Leiterplatte **3015** vervollständigt den Heiz- und/oder Abtastkreislauf des Verbundschlauchs **201**.

[0349] Der Anordnungsteil **3019** verbessert die Stabilität und ermöglicht die Anordnung der Leiterplattenanordnung **3003** während der Herstellung. Nichtsdestotrotz kann der Anordnungsteil **3019** in bestimmten Ausführungsbeispielen weggelassen werden.

[0350] **Fig. 30I** stellt ebenfalls dar, dass die Leiterplattenanordnung **3003** weiter in dem Einsatz **3005** stabilisiert werden kann, und zwar durch Zurücksetzen bzw. Ausnehmen von zumindest einem Teil der Leiterplatte **3015** und/oder des Anordnungsteils **3019** in der Außenoberfläche des Einsatzes **3005**. Die ausgenommene Konfiguration ist ebenfalls in **Fig. 30N** gezeigt.

[0351] Die Konfigurationen der **Fig. 30G–Fig. 30I** haben eine Vielzahl von Vorteilen. Beispielsweise berücksichtigen bestimmte Ausführungsbeispiele die Erkenntnis, dass das Anordnen des Sensorteils **3017** innerhalb des Fluidströmungspfads präzise Messungen fördert, und zwar unabhängig von der Strömungsrate, den Umgebungstemperaturen usw. Zusätzlich berücksichtigen bestimmte Ausführungsbeispiele die Erkenntnis, dass es ein geringeres Potential für eine Fluidleckage gibt als bei einer Konfiguration mit einem separaten Sensor, der auf einem Verbindungsstück angebracht ist, aufgrund schlechten Benutzeraufbaus des Kreislaufs.

[0352] Ferner berücksichtigen bestimmte Ausführungsbeispiele die Erkenntnis, dass, da die Leiterplattenanordnung **3003** über die vollständige Breite des Einsatzes **3005** hinweggeht, die Leiterplattenanordnung **3003** verwendet werden kann, um Verbindungsleitungen über einen Schlauch hinweg zu weiterzuführen. Wie nachfolgend diskutiert, zeigen **Fig. 33A–Fig. 33D** einen Aufbau der Leiterplattenanordnung **3301**, der imstande ist die Verbindungsleitungen über einen Schlauch hinweg weiterzuführen, wobei die entsprechenden Figuren zwei Seiten der Leiterplattenanordnung **3301** darstellen. Das Konzept des Weiterführens von Verbindungsleitungen über einen Schlauch **201** hinweg ist ferner nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig. 34** diskutiert, da zwar im Zusammenhang mit einem Zwischenverbindungsstück zwischen zwei Segmenten des Schlauchs **201**.

[0353] Sich zunächst den **Fig. 33A** und **Fig. 33B** zuwendend, weist die Leiterplattenanordnung **3301** Verbindungselemente **3303**, **3305** für die Heizfaden- und/oder Sensorverbindungen auf. Die Verbindungselemente **3303**, **3305** sind so konfiguriert, dass sie sich auf gegenüberliegenden Seiten der Leiterplattenanordnung **3303** befinden, um Verbindungen mit spiralförmig gewickelten Heizfäden zu ermöglichen.

[0354] Die Leiterplattenanordnung **3301** weist Sensorverbindungselemente **3307** für den Sensor auf. Der Sensor kann mit einer Diode durch die Signalverbindungselemente **3309** auf der Leiterplattenanordnung **3301** gekoppelt sein. Wie dargestellt, weist die Leiterplattenanordnung **3301** einen Spalt **3311** auf, der so konfiguriert ist, dass er den Sensor thermisch von den anderen elektrischen Komponenten und Spuren isoliert. In einigen Ausführungsbeispielen kann der Spalt **3311** mit einem isolierenden Material gefüllt werden, um den Sensor, der mit den Sensorverbindungselementen **3307** verbunden ist, weiter thermisch zu isolieren. Zusätzlich kann die Leiterplattenanordnung **3301** konfiguriert werden, um den Sensor entfernt von den anderen aktiven und/oder passiven elektrischen Komponenten zu positionieren, wie beispielsweise mit dem vorragenden Merkmal **3313**.

[0355] Die Leiterplattenanordnung **3301** weist Leistungsverbindungselemente **3315** für eine Diode auf, die elektrisch mit den Heizfäden durch leitende Spuren auf der Leiterplattenanordnung gekoppelt ist. Die Leistungsverbindungselemente **3315** können elektrisch und thermisch mit der Wärmesenke **3317** gekoppelt sein, um beim Ableiten der Wärme zu helfen, um Effekte auf die Genauigkeit der Temperatúrauslesung des Thermistors, der mit den Sensorverbindungselementen **3307** gekoppelt ist, zu verringern oder zu minimieren.

[0356] Fig. 33C und Fig. 33D zeigen die Leiterplattenanordnung **2901** der Fig. 33A und Fig. 33B vor Ort über einem Einsatz **2605**, vorangehend in Bezug auf Fig. 30A–Fig. 30O diskutiert, oder ein Zwischenverbindungsstück **3403**, nachfolgend mit Bezug auf Fig. 34 diskutiert.

[0357] Folglich weist in zumindest einem Ausführungsbeispiel ein Respirationsleitungssegment, wie beispielsweise der Einsatz **2605** oder das Zwischenverbindungsstück **3403**, ein Lumen, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, und eine Wand auf, die das Lumen umgibt, wobei das Lumen einen Gasströmungspfad im Gebrauch definiert; sowie eine Leiterplattenanordnung **3301**, die eine Leiterplatte aufweist und ferner einen ersten Teil aufweist, der sich über das Lumen hinweg entlang eines Durchmessers oder einer Profillinie erstreckt, so dass ein Teil der Leiterplattenanordnung zumindest einen Teil des Strömungspfads im Allgemeinen halbiert, wobei der erste Teil durch einen Überspritzaufbau überspritzt ist, ein zweiter Teil benachbart zu dem ersten Teil von der Wand in einer Richtung weg von dem Lumen vorragt, wobei der zweite Teil einen oder mehrere Verbindungspfade bzw. -elemente **3303** auf der Leiterplatte aufweist, die konfiguriert sind, um einen oder mehrere Drähte von einer ersten Anordnung aufzunehmen, ein dritter Teil benachbart zu dem ersten Teil von der Wand in einer Richtung weg von dem Lumen und in einer Richtung entgegengesetzt zu dem zweiten Teil nach außen vorragt, wobei der dritte Teil eines oder mehrere Verbindungselemente **3305** auf der Leiterplatte aufweist, die konfiguriert sind, um einen oder mehrere Drähte von einer zweiten Anordnung aufzunehmen, die sich von der ersten Anordnung unterscheidet, und eine oder mehrere leitende Spuren auf der Leiterplatte elektrisch mit dem einen oder den mehreren Verbindungselementen des zweiten Teils und mit den einen oder mehreren Verbindungselementen des dritten Teils gekoppelt sind und konfiguriert sind, um eine elektrische Anschluss- bzw. Verbindungsfähigkeit zwischen der ersten Anordnung und der zweiten Anordnung vorzusehen.

[0358] Die erste Anordnung und die zweite Anordnung können jeweils ein Beatmungsschlauch sein. Oder die erste Anordnung kann ein Beatmungsschlauch sein und die zweite Anordnung kann beispielsweise eine Patientenschnittstelle sein.

[0359] Zurück zu den Beispielen der Fig. 30G–Fig. 30I kehrend, ist der Sensorteil **3017** so angebracht oder geformt, dass der Sensorteil **3017**, die Leiterplatte **3015** und der Anordnungsteil **3019** eine Einheit bilden. Beispielsweise können der Sensorteil **3017**, die Leiterplatte **3015** und der Anordnungsteil **3019** aufeinander unter Verwendung eines geeigneten Prozesses, wie beispielsweise Löten, angebracht werden. Der Sensorteil **3017**, die Leiterplatte **3015** und der Anordnungsteil **3019** können einheitlich aus einem geeigneten Material, wie beispielsweise ein Leiterplattensubstrat, gebildet sein.

[0360] Der Sensorteil **3017** kann elektrisch mit der Leiterplatte **3015** unter Verwendung einer geeigneten Technik, wie beispielsweise Schaltungsdruck, verbunden werden. Beispielsweise kann die elektrische Verbindung leitende Spuren, wie beispielsweise Kupferspuren aufweisen. Um die leitenden Fasern bzw. Fäden in dem zweiten langgestreckten Glied des Schlauchs **201** mit den Verbindungselementen der Leiterplattenanordnung **3003** elektrisch zu verbinden, kann eine Prozedur ähnlich der verwendet werden, die vorangehend mit Bezug auf Fig. 25E–Fig. 25I gezeigt und beschrieben ist. Zusätzliche elektrische Komponenten, wie beispielsweise Dioden (nicht gezeigt) können auf jeder Seite der Leiterplatte **3015** innerhalb und/oder außerhalb des Gaspfads gelegen sein. Das Anordnen einer Diode außerhalb des Gaspfads ist vorangehend diskutiert, und zwar unter Bezugnahme auf die Sensorverbindungselemente **3307** und die Signalverbindungselemente **3309** und wie in Fig. 33A–Fig. 33B gezeigt.

[0361] Wieder zu den Beispielen der Fig. 30G–Fig. 30I zurückkehrend, kann die Leiterplattenanordnung **3003** innerhalb des Einsatzes **3005** angebracht werden, und zwar unter Verwendung von beispielsweise einem Überspritzprozess, wie er in der Technik bekannt ist. Ein Material mit einer thermischen Leitfähigkeit im Bereich von 0,03–0,6 W/m·K oder ungefähr so viel, wie beispielsweise Polypropylen (thermische Leitfähigkeit von 0,1–0,22 W/m·K) kann für zumindest einen Teil des Überspritzens verwendet werden. Die Verwendung eines Materials mit niedriger thermischer Leitfähigkeit kann vorteilhafter Weise die Interferenz von der Umgebung während der Sensormessungen reduzieren, da es die Wärme von dem Sensorteil **3017** zu den Wänden des Einsatzes **3005** schlecht leitet. Bestimmte Ausführungsbeispiele berücksichtigen die Erkenntnis, dass es das Überspritzen einer einheitlichen Leiterplattenanordnung **3003** eine konsistentere Anordnung eines Sensors ermöglicht als das Überspritzen eines Sensors allein. Darüber hinaus berücksichtigen bestimmte Ausführungs-

beispielerweise die Erkenntnis, dass das Überspritzen eines Sensors, der innerhalb der Mitte des Schlauchs angeordnet ist, den Sensor weniger empfindlich gegenüber Strahlungseffekten machen kann.

[0362] Wie in **Fig. 30G–Fig. 30I** gezeigt, geht die Leiterplattenanordnung **3003** über die Breite des Einsatzes **3005** hinweg und wird durch gegenüberliegende Wände des Einsatzes **3005** getragen. Da die Leiterplattenanordnung **3003** auf den gegenüberliegenden Seiten des Einsatzes **3005** getragen wird, kann die Leiterplattenanordnung **3003** relativ dünn sein (d. h. weniger Dicke und weniger Breite als eine Leiterplatte mit einer Stütze auf dem Schlauch haben). Das dünne Profil kann den Fluidstrom fördern, indem weniger Widerstand zu fließen als bei einem dickeren Profil vorgesehen wird.

[0363] Die Überspritzung um den Sensorteil **3017** herum ist vorzugsweise so konfiguriert, dass es das Bremsen der Fluide, die um den Sensorteil **3017** strömen verringert. Die Überspritzung kann eine aerodynamisch effiziente, verjüngte Form aufweisen, wie beispielsweise eine Tragflügelform, beispielsweise eine Flügelform, eine vollständig verjüngte Torpedoform (wie in **Fig. 30F** und **Fig. 30G** gezeigt) oder eine Geschossform, die teilweise verjüngt ist mit einer stumpfen Kante (wie in **Fig. 30H** gezeigt). Diese verjüngten Formen fördern den Fluidstrom. Zusätzlich, bei Anordnung innerhalb des Fluidstroms, verringern diese verjüngten Formen die Turbulenz und Strudel bzw. Wirbel an der Hinterkante der verjüngten Form, was eine ungewollte Abkühlung des befeuchteten Gases und das Bilden von Kondensation bewirken kann. Die Kondensationsbildung kann zu unpräziser Messung führen, ebenso wie zu einem ungewollten Temperaturabfall in dem Gas, das an einen Patient geliefert wird. Folglich kann die verjüngte Form präzisere Auslesungen fördern. Zusätzlich kann die verjüngte Form die Ansammlung von Kondensat verringern, das sich bildet, und ebenfalls den Aufbau von Patientenabsonderungen verringern, indem ein Abfließen gefördert wird.

[0364] Die verjüngte Form kann ebenfalls ausgewählt werden, um die turbulente Strömung zu verringern, indem die Bildung von Wirbeln in dem Strom verringert und die Wahrscheinlichkeit erhöht wird, dass der Strom laminar bleibt.

[0365] Die Entfernung zwischen der verjüngten Form und der Innenwand des Einsatzes **3005** wird vorzugsweise so ausgewählt, dass sie mehr Platz zulässt. In zumindest einem Ausführungsbeispiel beträgt die Entfernung zwischen der verjüngten Form und der Innenwand des Einsatzes **3005** zumindest 10% (oder ungefähr 10%) oder zumindest 30% (ungefähr 30%), wie beispielsweise 33% (oder ungefähr 33%) oder 40% (oder ungefähr 40%) des Innendurchmessers. In zumindest einem Ausführungsbeispiel ist die Entfernung zwischen der verjüngten Form und der Innenwand des Einsatzes **3005** größer als 2 mm (oder ungefähr 2 mm). Das Gewähren von mehr Raum verringert die Wahrscheinlichkeit, dass Kondensat in dem Raum gefangen wird.

[0366] Die Überspritzung fördert das Auslesen einer durchschnittlicheren Temperatur. Es gibt etwas Temperaturvariation über den Einsatz **3005** hinweg, mit höheren Temperaturen zu der Mitte des Einsatzes **3005** hin und niedrigeren Temperaturen entlang der Wände des Einsatzes **3005**. Ein asymmetrisches Temperaturprofil, in dem die höchsten Temperaturen von der Mittellinie des Einsatzes **3005** versetzt sind, ist insbesondere bei gebogenen Schläuchen **203** vorherrschend. Die Überspritzung hat einen größeren Oberflächenbereich als der Sensorteil **3017** der Leiterplattenanordnung **3003** und das Überspritzungsmaterial verteilt die Wärme, so dass der Sensor des Sensorteils **3017** eine durchschnittlichere Temperatur über den Fluidpfad hinweg misst.

[0367] **Fig. 30J** zeigt eine Endansicht des Verbindungsstücks **3000**, die entlang der Breite des Verbindungsstücks genommen ist, wie bei Betrachtung von dem Teil **3001** des Patientenendes des Verbindungsstücks **3000** aus, und zu dem Schlauch (nicht gezeigt) schauend. In dieser Ansicht ist die überspritzte, verjüngte Form, die die Leiterplattenanordnung **3003** (nicht gezeigt) unterbringt, im Allgemeinen zentriert. **Fig. 30K** zeigt eine alternative Konfiguration. In dieser Ansicht ist die verjüngte Form von der Mittellinie versetzt. Wie in **Fig. 30J** und **Fig. 30K** gezeigt, können die Zusammenführungen **3018** zwischen der Innenwand des Einsatzes **3005** und der überspritzten, verjüngten Form, die die Leiterplattenanordnung unterbringt, optional Stege aufweisen, um die Fließstörung zu verringern und um die Bereiche für den Fluidaufbau zu verringern. Die Stege der Zusammenführungen **3018** können beispielsweise 1 mm (oder ungefähr 1 mm) im Radius betragen.

[0368] **Fig. 30L** zeigt die Versatzpositionierung der verjüngten Form der **Fig. 30K** im größeren Detail. Da der Sensor **3020** von der Leiterplattenanordnung **3003** nach außen vorragt, kann die Versatzkonfiguration die Genauigkeit verbessern, indem der Sensor **3020** dichter an der Mittellinie angeordnet wird. Zusätzlich kann die Versatzkonfiguration ebenfalls erwünscht sein, da die Leiterplattenanordnung **3003** in einer Seite des Formwerkzeugs während der Herstellung untergebracht werden kann, wodurch der Herstellungsprozess vereinfacht wird.

[0369] Fig. 30M zeigt einen Längsquerschnitt der Einsatzanordnung **3007**, der zusätzliche Details der Leiterplattenanordnung **3003** zeigt. Ein Sensor **3020** wird in dem Strömungspfad angeordnet. Der Sensor **3020** kann Temperatur- und/oder Gasstrominformationen liefern, um die Beurteilung der Bedingungen nahe der Patientenschnittstelle zu ermöglichen. Der Sensor **3020** ist vorzugsweise dicht an der Kante des vorragenden Teils des Sensorteils **3017** gelegen. Die Dicke der Überspritzung nahe dem Sensor **3020** ist vorzugsweise dünner als die Dicke der Überspritzung um die anderen Teile der Leiterplattenanordnung **3003** herum, wie in Fig. 30O gezeigt. Das Verringern der Überspritzungsdicke erhöht die Wärmeübertragung, um präzisere Temperaturmessungen zu fördern.

[0370] Wieder auf Fig. 30M Bezug nehmend, verbinden die leitenden Spuren **3021** den Sensor **3020** elektrisch mit der Leiterplatte **3015**. (Es sei bemerkt, dass der Sensor **3020** nicht eigens in Fig. 30M gezeigt ist; vielmehr repräsentiert der mit **3020** bezeichnete Aufbau die allgemeine Position des Sensors. Der mit **3020** bezeichnete Aufbau zeigt zwei leitende Pads bzw. Elemente, die der Sensor überbrücken würde. Der Aufbau ist zum Zweck der Veranschaulichung als ein Sensor bezeichnet.) Durchgangsbohrungen **3023** ermöglichen es Komponenten Kontakt mit den erforderlichen leitenden Schichten zu machen. Fig. 30N zeigt eine alternative Konfiguration der Leiterplattenanordnung **3003**. In Fig. 30N haben die leitenden Spuren **3021** einen gewundenen Pfad. Es wurde erkannt, dass das Erhöhen der Länge der leitenden Spuren **3021** innerhalb des Fluidpfads es ermöglichen, dass die Temperatur der leitenden Spuren **3021** enger die Temperaturen innerhalb des Fluidpfads reflektieren, wodurch die Umgebungseffekte auf den Sensor **3020** durch die leitenden Spuren **3021** reduziert werden. Vorzugsweise gibt es einen erhöhten Oberflächenbereich aus Kupfer nahe des Sensors **3020**. Das zusätzliche Kupfer fördert die präzise Detektion der Temperatur um den Bereich des Sensors **3020** herum.

[0371] In bestimmten Ausführungsbeispielen kann sich die verjüngte Form stromaufwärts entlang des Gaspfads zu der Quelle des Gasstroms hin ausdehnen. Diese Konfiguration fördert eine präzisere Messung, indem sichergestellt wird, dass der Sensor **3020** in den Fluidstrom vorragt, bevor das Fluid abgekühlt wird, während es die Überspritzung passiert. Diese Konfiguration kann ebenfalls präzisere Messungen fördern, indem der „Schafteffekt“ verringert wird. Sämtliche Temperatursensoren des Kontakttyps sind dem Schafteffekt ausgesetzt. Wenn eine Sonde bzw. ein Fühler in einen Fluidstrom eingetaucht wird, wird ein thermisch leitender Pfad durch den Fühlerschaft erzeugt. In einem Fall, wo die Umgebungstemperatur kühler als die Temperatur des gemessenen Fluidstroms ist, wird Wärme weg von der Fühlerspitze über den Schaft des Fühlers zu der Außenatmosphäre geleitet. Dies führt dazu, dass die Abtastspitze eine Temperatur ausliest, die niedriger als die des tatsächlich umgebenden Fluids ist. Und in einem Fall, wo die Umgebungstemperatur heißer als die Temperatur des gemessenen Fluidstroms ist, wird Wärme zu der Fühlerspitze über den Schaft des Fühlers von der Außenatmosphäre geleitet. Dies führt dazu, dass die Abtastspitze eine Temperatur ausliest, die höher als die des tatsächlich umgebenden Fluids ist. Die Konfiguration der verjüngten Form reduziert den Schafteffekt, indem der Sensor **3020** weg von dem Teil des Sensorteils **3017** vorragt, der die Leiterplatte **3015** und den Anordnungsteil **3019** verbindet (d. h. weg von dem „Schaft“). In bestimmten Ausführungsbeispielen erstreckt sich die verjüngte Form stromaufwärts für mindestens 6 mm (oder ungefähr 6 mm) von dem Teil des Sensorteils **3017**, der die Leiterplatte **3015** und den Anordnungsteil **3019** verbindet.

[0372] In bestimmten Ausführungsbeispielen kann sich die verjüngte Form stromabwärts weg von der Quelle des Gasstroms erstrecken. Diese Konfiguration kann vorteilhaft sein, beispielsweise wenn der Aufbau der überspritzten Leiterplattenanordnung **3003** die durchschnittlichen nachgelagerten Fluideigenschaften so ändert, dass es erwünscht ist, die Fluideigenschaften beim Verlassen des Schlauchs präzise zu messen.

[0373] Heizfäden (hier nicht gezeigt aber vorangehend beschrieben) in dem zweiten langgestreckten Glied können mit der Leiterplatte **3015** verbunden sein, die Endpunkte vorsehen können, um die Heizfadenschaltung abzuschließen. Die Leiterplatte **3015** kann ebenfalls verwendet werden, um zusätzliche Endpunkte vorzusehen, um Leistung an die zusätzlichen Heizfäden in einem sekundären Schlauch zu liefern, wie beispielsweise in einer Konfiguration eines segmentierten Inspirationsglieds zur Verwendung mit einem Befeuchtungssystem, wobei das segmentierte Inspirationsglied ein Verbindungsstück aufweist, das so konfiguriert ist, dass es Heizfäden und Sensoren in zwei Segmenten koppelt. Eine geeignete Leiterplattenanordnungs-konfiguration wird vorangehend unter Bezugnahme auf Fig. 33A–Fig. 33D diskutiert.

[0374] Wieder zu Fig. 30M zurückkehrend, beseitigt diese Konfiguration das Erfordernis eine separate Leistungsleitung zu haben, die zu den Heizfäden verläuft. Diese Konfiguration sichert ferner, dass die Heizfäden entlang des Schlauchs **203** verlaufen und bei ungefähr der gleichen Position auf dem Schlauch **203** wie der Sensor **3020** enden. Folglich minimiert die Konfiguration den Temperaturabfall von dem Ende der Heizfäden zu dem Sensor **3020**. Diese Konfiguration kann ebenfalls den Temperaturabfall von dem Ende der Heizfäden und einem zweiten Heizfaden in einem zusätzlichen Abschnitt des Schlauchs reduzieren. Die Konfiguration

kann ebenfalls verwendet werden, um das abdeckende Verbindungsstück des Sensors **3020** zu erwärmen, wodurch die Wärmeverluste zu einer kalten Umgebung hin reduziert und die Genauigkeit der Temperaturmessung weiter verbessert wird.

[0375] Obwohl das Vorangehende das Anordnen von einem oder mehreren Sensoren an dem Patientenende eines Schlauchs **201** beschreibt, sollte erkannt werden, dass diese Sensorkonfiguration entlang irgendeines Teils des Fluidpfads eines Schlauchs **201** angewendet werden kann.

[0376] Beispielsweise stellt **Fig. 34** einen Teil eines segmentierten Inspirationsglieds **3401** zur Verwendung mit einem Respirationsbefeuchtungssystem dar, wobei das segmentierte Inspirationsglied **3401** ein erstes Segment **3401a** und ein zweites Segment **3401b** aufweist und ein Zwischenverbindungsstück **3403** besitzt, das konfiguriert ist, um die ersten Heizdrähte **3405a** mit den zweiten Heizdrähten **3405b** und einen ersten Temperatursensor **3407a** mit einem zweiten Temperatursensor **3407b** in den entsprechenden Segmenten **3401a** und **3401b** zu koppeln. Die Kopplung der zwei Segmente **3401a** und **3401b** kann das mechanische Koppeln der Segmente aufweisen, um eine einzelne Leitung zu bilden, durch die befeuchtete Gase zu einem Nutzer geliefert werden können, wobei das mechanische Koppeln der Segmente **3401a** und **3401b** zu einem elektrischen Koppeln der entsprechenden Heizdrähte **3405a**, **3405b** und der entsprechenden Temperatursensoren **3407a**, **3407b** durch das Zwischenverbindungsstück **3403** führen kann. Die Leiterplattenanordnung **3301**, die in **Fig. 33A** und **Fig. 33B** gezeigt ist, ist für die Verwendung mit dem Zwischenverbindungsstück **3403** der **Fig. 34** geeignet.

[0377] Wieder zu **Fig. 34** zurückkehrend, kann das segmentierte Inspirationsglied **3401** einen Aufbau **3409** aufweisen, der ein Lumen bildet, durch welches befeuchtete Gase passieren können. Der Aufbau **3408** kann Pfade aufweisen, die innerhalb der Wände des Aufbaus **3409** gebildet sind, die konfiguriert sind, um Heizdrähte **3405a** oder **3405b** unterzubringen, so dass die Heizdrähte **3405a** oder **3405b** von den befeuchteten Gasen abgeschirmt sind, die sich durch das Lumen fortbewegen und/oder durch eine externe Oberfläche des Aufbaus **3409** abgedeckt sein, so dass sie nicht exponiert sind. Beispielsweise kann der Aufbau **3409** ein Verbundschlauch sein, wobei die Heizdrahtpfade Spulen sind, die in den Schlauch geformt sind, wie vorangehend diskutiert. Der Aufbau **3409** kann irgendeine Art von geeignetem Material aufweisen und kann isolierendes Material und/oder biegsames Material umfassen. In einigen Ausführungsbeispielen können der Aufbau **3409** und das Zwischenverbindungsstück **3403** so konfiguriert sein, dass wenn die ersten und zweiten Segmente **3401a** und **3401b** mechanisch gekoppelt werden, die Heizdrähte **3405a** und **3405b** über das Zwischenverbindungsstück **3403** in einer solchen Art und Weise gewickelt werden, dass sie elektrisch mit dem Zwischenverbindungsstück **3403** gekoppelt werden. In einigen Ausführungsbeispielen können das erste Segment **3401a** und/oder das Zwischenverbindungsstück **3403** jegliche freie Drähte zur Verbindung mit dem zweiten Segment **3401b** ausschließen, wodurch die Verbindung des zweiten Segments **3401b** mit dem ersten Segment **3401a** ermöglicht wird.

[0378] Der Aufbau **3409** an komplementären Enden der ersten und zweiten Segmente **3401a** und **3401b** kann so konfiguriert sein, dass er das Zwischenverbindungsstück **3403** unterbringt. Folglich kann das Zwischenverbindungsstück **3403** innenliegend in dem Inspirationsglied **3401** sein. In einigen Ausführungsbeispielen können die komplementären Enden der ersten und zweiten Segmente **3401a** und **3401b** so konfiguriert sein, dass sie das Zwischenverbindungsstück **3403** vor den befeuchteten Gasen abschirmen, die sich durch das Inspirationsglied **3401** fortbewegen. In einigen Ausführungsbeispielen ist das Zwischenverbindungsstück **3403** sowohl innenliegend in dem Inspirationsglied **3401** als auch vor den befeuchteten Gasen in der Leitung abgeschirmt, wodurch die Beanspruchung der elektrischen Verbindungen auf dem Zwischenverbindungsstück **3403** verringert oder beseitigt wird.

[0379] In einigen Ausführungsbeispielen können die ersten Heizdrähte **3405a** zwei Drähte **3411** und **3413** aufweisen und die zwei Heizdrähte **3405b** können zwei Drähte **3415** und **3417** aufweisen. Die zwei Drähte **3411** und **3413** in dem ersten Segment **3401a** können elektrisch miteinander durch elektrische Komponenten **3419** gekoppelt sein, wobei die elektrische Kopplung einen elektrischen Pfad durch den Draht **3411**, zumindest einen Teil der elektrischen Komponenten **3419** und den Draht **3413** erzeugt. In ähnlicher Weise können die zwei Drähte **3415** und **3417** in dem zweiten Segment **3401b** elektrisch miteinander durch die elektrischen Komponenten **3419** gekoppelt werden und/oder elektrisch an einem Ende des Segments **3401b** gegenüberliegend dem Zwischenverbindungsstück **3403** kurzgeschlossen werden, wie beispielsweise durch eine Verbindungsstück des Patientenendes (nicht gezeigt). Durch Koppeln der Drähte **3415** und **3417** des zweiten Segments **3401b** bei dem Zwischenverbindungsstück **3403**, werden elektrische Verbindungen am Patientenende des Inspirationsglieds **3401** verringert oder beseitigt, was die Kosten, die Systemkomplexität und/oder das Risiko für den Patienten verringern oder beseitigen kann.

[0380] Das Zwischenverbindungsstück **3403** kann so konfiguriert sein, dass es einer einzelnen Steuervorrichtung ermöglicht, die Leistung an die Heizdrähte **3405a**, **3405b** zu steuern, wie beispielsweise einer Befeuchtersteuervorrichtung. In einigen Ausführungsbeispielen steuert die Befeuchtersteuervorrichtung die Heizdrähte **3405a**, **3405b** ohne irgendeine zusätzliche Steuerfunktionalität, die auf dem Zwischenverbindungsstück **3403** gelegen ist. Beispielsweise kann das Zwischenverbindungsstück **3403** passive Komponenten ohne irgendeine Logikschaltung aufweisen, wobei die passiven Komponenten die Leistung zu den Heizdrähten **3405a** und/oder **3405b** wie durch die Steuervorrichtung ausgewählt leiten. Dies kann es ermöglichen, dass das Zwischenverbindungsstück **3403** unter Verwendung relativ kostengünstiger Komponenten ausgelegt wird und kann die Komplexität des Aufbaus verringern.

[0381] In einigen Ausführungsbeispielen kann das Erwärmen der zwei Segmente **3401a** und **3401b** unter Verwendung von maximal vier Drähten in jedem Segment **3401a**, **3401b** bewerkstelligt werden. Beispielsweise können in dem ersten Segment **3401a** die vier Drähte einen ersten Heizdraht **3411**, einen zweiten Heizdraht **3413**, einen Signaltemperatursensordraht **3419** und einen Rückführtemperatursensordraht **3421** aufweisen. In dem zweiten Segment **3401b** können die vier Drähte einen ersten Heizdraht **3415**, einen zweiten Heizdraht **3417**, einen Signaltemperatursensordraht **3423** und einen Rückführtemperatursensordraht **3425** aufweisen. Durch Koppeln der zweiten Heizdrähte **3415**, **3417** mit den ersten Heizdrähten **3411**, **3413** an Verbindungspunkten **3427** und durch Koppeln der zweiten Temperatursensordrähte **3423**, **3425** mit den ersten Temperatursensordrähten **3419**, **3421** an Verbindungspunkten **3427** kann eine Steuervorrichtung so konfiguriert werden, dass sie Leistung in unabhängiger Weise an die ersten Heizdrähte **3405a** und die zweiten Heizdrähte **3405b** liefert und die Temperatursensordaten in unabhängiger Weise von den Temperatursensoren **204a** und **204b** ausliest ohne mehr als vier Drähte in jedem Segment **3401a** oder **3401b** einzuschließen. In einigen Ausführungsbeispielen kann die Steuerung der Heizdrähte **3405a** und **3405b** und das Auslesen der Temperatursensoren **3407a** und **3407b** unter Verwendung von weniger als vier Drähten in jedem Segment (z. B. unter Verwendung von drei Drähten oder unter Verwendung von zwei Drähten) oder mehr als vier Drähten in jedem Segment (z. B. durch Verwendung von fünf Drähten, Verwendung von sechs Drähten, Verwendung von sieben Drähten, Verwendung von acht Drähten, oder Verwendung von mehr als acht Drähten) bewerkstelligt werden.

[0382] Das Zwischenverbindungsstück **3043** kann elektrische Komponenten **3419** aufweisen, die so konfiguriert sind, dass sie es einer Steuervorrichtung ermöglichen, selektiv die Heizdrähte **3405a**, **3405b** zu steuern. Die Steuervorrichtung kann so konfiguriert sein, dass sie die Erwärmung des Inspirationsglieds **3401** unter Verwendung von zwei Modi steuert, wobei ein erster Steuermodus das Liefern von Leistung an die Heizdrähte **3405a** in dem ersten Segment aufweist, und ein zweiter Steuermodus das Liefern von Leistung an die Heizdrähte **3405a** und **3405b** in den ersten und zweiten Segmente **3401a** und **3401b** aufweist. Folglich kann die Steuervorrichtung so konfiguriert sein, dass sie die Heizdrahtabschnitte in unabhängiger Weise steuert. Diese Fähigkeit ermöglicht es der Steuervorrichtung, die Erwärmung des Inspirationsglieds **3401** zu steuern, wenn das zweite Segment **3401b** nicht vorhanden ist, und zwar durch ausschließliches Steuern der Erwärmung des Inspirationsglieds gemäß dem ersten Steuermodus, wodurch ermöglicht wird, dass das Respirationsbefeuchtungssystem in einer Vielzahl von Umständen verwendet wird, ohne die Steuervorrichtung oder die Befeuchtungseinheit zu modifizieren. In einigen Ausführungsbeispielen können die Steuermodi einen Modus aufweisen, wo Leistung nur an die Heizdrähte **3405b** in dem zweiten Segment **3401b** geliefert wird. In einigen Ausführungsbeispielen weist die Steuervorrichtung eine elektrische Leistungsquelle auf, die elektrischen Strom liefert. Die ersten und zweiten Steuermodi können zumindest teilweise auf der Spannung basieren, die durch die Leistungsquelle geliefert wird, wobei eine positive Spannung oder ein positiver Strom den ersten Steuermodus auslösen kann und eine negative Spannung oder ein negativer Strom den zweiten Steuermodus auslösen kann. In einigen Ausführungsbeispielen liefert die Leistungsquelle einen gleichgerichteten Wechselstrom oder Gleichstrom an die Heizdrähte **3405a**, **3405b** und eine Veränderung in der Gleichrichtung oder der Polarität löst eine Veränderung des Steuermodus aus. Durch Umschalten der Steuermodi kann eine Steuerung der Erwärmung in dem Beatmungskreislauf mit irgendeiner Stromversorgung bewerkstelligt werden, die die Polarität des Ausgabesignals umschalten kann. In einigen Ausführungsbeispielen kann der Leistungsbetrag, der an die Heizdrähte **3405a**, **3405b** geliefert wird, durch Anpassung eines Betriebszyklus der an die Heizdrähte **3405a**, **3405b** angelegten Leistung angepasst werden. Beispielsweise kann eine Pulsbreitenmodulation verwendet werden, um die Heizdrähte **3405a**, **3405b** anzutreiben und der Betriebszyklus des PWM-Signals (PWM = Pulse-Width Modulation) kann angepasst werden, um die gelieferte Leistung zu steuern. In einem weiteren Beispiel kann die Leistungsmenge, die an die Heizdrähte **3405a**, **3405b** geliefert wird, durch Steuern der Amplitude des Leistungssignals angepasst werden.

[0383] Das Zwischenverbindungsstück **3403** kann elektrische Komponenten **3421** aufweisen, die konfiguriert sind, um es einer Steuervorrichtung zu ermöglichen, selektiv die Temperatursensoren **3407a**, **3407b** auszu-
lesen. Das selektive Auslesen kann durch die Verwendung einer Quelle elektrischen Stroms bewerkstelligt

werden, wobei das Anlegen eines positiven Strom über die Drähte **3419** bis **3421** hinweg dazu führen kann, dass die Steuervorrichtung ein temperaturbezogenes Signal von dem ersten Temperatursensor **3407a** misst, und das Anlegen eines negativen Stroms über die Drähte **3419** bis **3421** hinweg dazu führen kann, dass die Steuervorrichtung ein temperaturbezogenes Signal von dem zweiten Temperatursensor **3407b** oder von sowohl den ersten als auch zweiten Temperatursensoren **3407a**, **3407b** misst. Die Steuervorrichtung kann die Auslesungen von den Temperatursensoren **3407a**, **3407b** verwenden, um die Leistung an die Heizdrähte **3405a**, **3405b** unter Verwendung von beispielsweise der Pulsbreiten-Modulation anzupassen. Der erste Temperatursensor **3407a** kann nahe der Verbindung oder Schnittstelle der ersten und zweiten Segmente **3401a** und **3401b** positioniert sein, um zu der Steuervorrichtung eine Temperatur der Gase zu liefern, die in das zweite Segment **3401b** eintreten, was dem Eintreten in einen Inkubator oder einen anderen derartigen Bereich mit unterschiedlicher Umgebungstemperatur entsprechen kann. Der zweite Temperatursensor **3407b** kann bei einem Patientenende des zweiten Segments **3401b** positioniert sein, um zu der Steuervorrichtung eine Temperatur der Gase zu liefern, die zu dem Patient geliefert werden, oder der Temperatur vor dem finalen Stück vor dem Patienten, sie beispielsweise ein Ypsilonstück. Die Steuervorrichtung kann diese Temperatureauslesungen verwenden, um die Leistung an die Heizdrähte **3405a**, **3405b** anzupassen, um die Temperatur des Gases an dem Patientenende des Inspirationsglieds **3401** auf einer gezielten oder geeigneten Temperatur zu halten. Die gezielte oder geeignete Temperatur kann variieren, und zwar abhängig von zumindest teilweise der Anwendung und der Umgebung in der sie verwendet wird und kann ungefähr 37°C, ungefähr 40°C, zumindest ungefähr 37°C und/oder weniger als oder gleich ungefähr 38, zumindest ungefähr 36,5°C und/oder weniger als oder gleich ungefähr 38,5°C, mindestens ungefähr 36°C und/oder weniger als oder gleich ungefähr 39°C, mindestens ungefähr 35°C und/oder weniger als oder gleich ungefähr 40°C, mindestens ungefähr 37°C und/oder weniger als oder gleich ungefähr 41°C, oder wenigstens ungefähr 39,5°C und/oder weniger als oder gleich ungefähr 40,5°C betragen. In einigen Ausführungsbeispielen kann der zweite Temperatursensor **3407b** innerhalb des Inkubators positioniert sein, aber nicht an dem Beatmungskreislauf angebracht sein. Durch Messen der Temperatur innerhalb des Inkubators kann die Temperatur des zweiten Segments **3401b** berechnet werden.

[0384] Die Steuervorrichtung kann, wie hierin beschrieben, in unabhängiger Weise den Leistungsbetrag steuern, der in den ersten und zweiten Steuermodi geliefert wird. Zumindest teilweise basierend auf der Rückkopplung von den Temperatursensoren **3407a** und/oder **3407b** kann die Steuervorrichtung in unabhängiger Weise die Leistung anpassen, die in den ersten und zweiten Steuermodi geliefert wird, was zu variierenden Heizvorrichtungsleistungsverhältnissen zwischen den ersten und zweiten Segmenten **3401a** und **3401b** führt.

[0385] In einigen Ausführungsbeispielen ist der erste Temperatursensor **3407a** innerhalb des Gasstroms in dem Inspirationsglied **3401** positioniert. In einigen Ausführungsbeispielen können das Zwischenverbindungsstück **3403** oder das erste Segment **3401a** eine mechanische Komponente aufweisen, die die Turbulenz in dem Strom des Gases über den ersten Temperatursensor **3407a** hinweg verringert, was die Genauigkeit in den Auslesungen des Temperatursensors **3407a** erhöhen kann. In einigen Ausführungsbeispielen bringt die mechanische Komponente (z. B. ein Querstrebenmerkmal innerhalb der Inspirationsleitung), die die Turbulenz verringert, ebenfalls den Temperatursensor **3407a** innerhalb des Gasstroms an. In einigen Ausführungsbeispielen sind das Zwischenverbindungsstück **3403** und die mechanische Komponente so konfiguriert, dass sie den Temperatursensor **3407a** von elektrischen Komponenten auf dem Zwischenverbindungsstück **3403** thermisch isolieren.

[0386] In einigen Ausführungsbeispielen weist das Zwischenverbindungsstück **3403** zusätzliche Verbindungspunkte zusätzlich zu den Verbindungspunkten **3427** auf, die in **Fig. 34** dargestellt sind. Die zusätzlichen Verbindungspunkte können verwendet werden, um weitere Funktionalität in den Beatmungskreislauf einzuführen, wie beispielsweise das Einbauen einer Speichervorrichtung (PROM), einer Mikrosteuervorrichtung, zusätzlicher Schaltungen und Ähnlichem.

[0387] Darüber hinaus kann der Verbundschlauch **201** ein Inspirationsschlauch oder ein Expirationsschlauch sein.

Anordnung des spiralartigen Verbindungsstücks

[0388] Als nächstes wird Bezug genommen auf **Fig. 35A–Fig. 35F**, die ein Verbindungsstück ohne elektrische Anschlussfähigkeit mit einer Leiterplatte zeigen. Es wird jedoch von Fachleuten des Gebiets erkannt werden, dass das Verbindungsstück ebenso angepasst werden könnte, so dass es eine elektrisch Anschlussfähigkeit mit einer Leiterplatte aufweist. Das Verbindungsstück ist geeignet für die Verbindung mit beispielsweise einer Patientenschnittstelle oder einem Befeuchter. Sie ist insbesondere geeignet für die Verwendung als ein

Verbindungsstück des Patientenendes und/oder ein Verbindungsstück des Vorrichtungsendes in einer schädlichen Schlaf-Apnoe-Umgebung.

[0389] Ein spiralförmig endender, geformter Einsatz **3501** ist vorgesehen. Das Ende des Einsatzes **3501** gegenüberliegend dem spiralförmigen Ende ist für die Einführung in oder die Anbringung an einem Befeuchteranschluss und/oder einen Patientenschnittstellenanschluss und/oder irgendeine andere erwünschte Komponente geformt. Der Einsatz **3501** kann aus hartem Material, wie beispielsweise hartem Kunststoff, beispielsweise Polypropylen, bestehen.

[0390] Wie in **Fig. 35C** gezeigt, wird das spiralförmige Ende des Einsatzes **3501** in die konformen Windungen des Schlauchs **201** geschraubt. In diesem Beispiel sind die spiralförmigen Windungen des Einsatzes **3501** so dimensioniert und konfiguriert, dass sie in die Windungen des ersten langgestreckten Glieds **203** des Schlauchs **201** passen.

[0391] Es sei bemerkt, dass in dem Fall eines Schlauchs mit einem oder mehreren elektrisch angetriebenen Drähten darin, eine elektrische Verbindung an zumindest einem Teil des Einsatzes **3501** vorgesehen sein kann. Wenn der Einsatz **3501** installiert wird, wird das elektrische Verbindungsstück vorzugsweise mit den Drähten ausgerichtet, wodurch die elektrische Verbindung ermöglicht wird. Lot oder Ähnliches können verwendet werden, um die Verbindung zu sichern.

[0392] Ein Glied **3503** kann eingeführt oder oben auf zumindest einen Teil des Einsatzes **3501** und optional dem Schlauch **201** geformt werden, um die Anbringung zwischen dem Einsatz **3501** und dem Schlauch **201** zu fördern. Das Glied **3504** kann aus einem hartem Material oder einem weichen Material, wie beispielsweise weicher Kunststoff, Gummi, oder PTFE, beispielsweise Polypropylen, bestehen. In einigen Fällen sieht der Einsatz **3501** (oder zumindest das spiralförmige Ende des Einsatzes **3501**) einen ausreichenden lateralen Stauchwiderstand vor, um es zu ermöglichen, dass Hochdruck-Formtechniken verwendet werden, wo der Druck den lateralen Stauchwiderstand des Schlauchs **201** ohne den Einsatz **3501** übersteigen würde. Das Glied **3503** kann ebenfalls vorteilhafter Weise eine weiche Oberfläche zum Greifen vorsehen, wenn der Schlauch eingeführt wird oder aus einer Komponente entfernt wird.

[0393] Das vorangehende Verfahren zur Anbringung eines Verbindungsstücks an einem spiralförmig gewickelten Schlauch ist beispielhaft vorgesehen. Das hierin beschriebene Verfahren impliziert keine feste Reihenfolge der Schritte. Noch impliziert es, dass irgendein Schritt erforderlich ist, um das Verfahren zu praktizieren. Ausführungsbeispiele können in irgendeiner Reihenfolge und Kombination praktiziert werden, die praktikabel ist.

Anordnung alternativer Verbindungsstücke des Patientenendes

[0394] Als nächstes wird Bezug genommen auf **Fig. 36A–Fig. 36K**. **Fig. 36A** und **Fig. 36B** zeigen ein Verbindungsstück **3601** des Patientenendes ohne elektrische Anschlussfähigkeit. Das Verbindungsstück **3601** hat ein Patientenende **3603** mit einer standardmäßigen, medizinischen Verjüngung, die für die Verwendung mit einer Patientenschnittstelle geeignet ist. Das Schlauchende **3605** des Verbindungsstücks **3601** ist für die Verbindung mit einem Verbundschlauch **201** geeignet, wie nachfolgend beschrieben. Das Verbindungsstück **3601** ist vorzugsweise eine vorgeformte Komponente, die aus einem geeigneten Material, wie beispielsweise Kunststoff, Gummi bzw. Kautschuk oder PTFE besteht.

[0395] Wie in **Fig. 36C** und **Fig. 36D** gezeigt, wird ein Teil (z. B. ein 10-mm-Teil) des zweiten langgestreckten Glieds **205** entfernt, um eine kleine Länge der einen oder mehreren Fasern bzw. Fäden **215**, die in diesem eingebettet sind, freizulegen. Vorzugsweise werden ungefähr 5 mm oder 10 mm der Fasern **215** freigelegt. Wie in **Fig. 36D** gezeigt, werden die Fasern **215** zusammen verdreht und optional befestigt, z. B. durch Löten, wodurch ein geschlossener Kreislauf erzeugt wird.

[0396] Sich als nächstes der **Fig. 36G** zuwendend, wird das Schlauchende **3605** des Verbindungsstücks **3601** in den Schlauch **201** eingeführt und die verdrehten Fasern **215** werden unter einer Rückhalteschleufe **3607** angeordnet. Die Rückhalteschleufe **3607** verringert die Bewegung der Fasern **215** während des Formens. Die Rückhalteschleufe **3607** richtet vorteilhafter Weise auch den Rotationsabstand des Verbundschlauchs **201** mit dem Verbindungsstück **3601** aus, was wiederum eine geeignete Ausrichtung des Schlauchs **201** in der Form fördert. Die Kombination des Verbindungsstücks **3601** und des Verbundschlauchs **201** wird hier als eine Verbindungsstück-Schlauch-Anordnung **3609** bezeichnet.

[0397] Wie in **Fig. 36H** gezeigt, wird ein Formwerkzeugkern **361** in das Verbindungsstück **3601** eingeführt. Wie in **Fig. 36I** gezeigt, werden die Verbindungsstück-Schlauch-Anordnung **3609** und der Kern **3611** in einem Spritzgusswerkzeug **3613** angeordnet. In **Fig. 36J** wird ein Formmaterial **3615** über den Zusammenführungsbereich zwischen dem Verbundschlauch **201** und dem Verbindungsstück **3601** geformt, wodurch der Verbundschlauch **201** und das Verbindungsstück **3601** verklebt bzw. verbunden werden. Geeignete Formmaterialien **3615** umfassen Kunststoff und Gummi bzw. Kautschuk. Die Verbindungsstück-Schlauch-Anordnung **3609** und der Kern **3611** werden aus dem Spritzgusswerkzeug (nicht gezeigt), wie in **Fig. 36K** entfernt. Der Kern **3611** wird entfernt, wodurch ein Verbundschlauch **201** mit einem Verbindungsstück **3601** des Patientenendes vorgesehen wird.

[0398] Das vorangehende Verfahren der Anbringung eines Verbindungsstücks an einem Verbundschlauch ist beispielhaft vorgesehen. Das beschriebene Verfahren impliziert keine feste Reihenfolge der Schritte. Noch impliziert es, dass irgendein Schritt erforderlich ist, um die Verfahren zu praktizieren. Ausführungsbeispiele können in irgendeiner Reihenfolge und Kombination praktiziert werden, die praktikabel ist.

[0399] Die vorangehende Beschreibung der Erfindung weist bevorzugte Formen dieser auf. Modifikationen können daran vorgenommen werden, ohne den Umfang der Erfindung zu verlassen. Für Fachleute des Gebiets, auf das sich die Erfindung bezieht, werden sich viele Veränderungen im Aufbau und höchst unterschiedliche Ausführungsbeispiele und Anwendungen der Erfindung selbst erschließen, ohne den Umfang der Erfindung zu verlassen, wie er in den beigefügten Ansprüchen definiert ist. Die Offenbarungen und die Beschreibungen hierin sind ausschließlich veranschaulichend und sind in keiner Weise beschränkend gedacht.

[0400] Über die Beschreibung und die Ansprüche hinweg sollen die Ausdrücke „aufweisen“, „umfassen“ und Ähnliches in einem inklusiven Sinne ausgelegt werden, d. h. im Sinne von „weisen auf, sind aber nicht beschränkt auf“, außer der Kontext deutet klar etwas anderes an.

[0401] Obwohl die Erfindung beispielhaft und unter Bezugnahme auf mögliche Ausführungsbeispiele dieser beschrieben wurde, sollte verstanden werden, dass Modifikationen oder Verbesserungen an diesen vorgenommen werden können, ohne den Umfang und Rahmen der Erfindung zu verlassen und ohne ihre dazugehörigen Vorteile abzumildern. Darüber hinaus, wo Bezug genommen wurde auf spezifische Komponenten oder Integer der Erfindung, die bekannte Äquivalente aufweisen, sind derartige Äquivalente hierin enthalten, als wenn sie einzeln dargelegt worden wären.

[0402] Jegliche Diskussion des Standes der Technik über die Beschreibung hinweg sollte nicht als ein Eingeständnis betrachtet werden, dass ein derartiger Stand der Technik weithin bekannt ist oder Teil des üblichen allgemeinen Wissens in dem Gebiet überall auf der Welt ist.

Patentansprüche

1. Beatmungsschlauch, der Folgendes aufweist:
ein erstes langgestrecktes Glied, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest einen Teil eines langgestreckten Schlauchs zu bilden, der eine Längsachse, ein Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand aufweist, die das Lumen umgibt,
wobei die Wand einen inneren Teil nahe dem Lumen und einen äußeren Teil aufweist, der von dem Lumen weg weist,
wobei der innere Teil der Wand eine kleinere Dicke als der äußere Teil der Wand besitzt.
2. Beatmungsschlauch gemäß Anspruch 1, der ferner ein zweites langgestrecktes Glied aufweist, das spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet.
3. Beatmungsschlauch gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Dicke des äußeren Teils der Wand in dem Bereich von ungefähr 0,14 mm bis ungefähr 0,44 mm liegt.
4. Beatmungsschlauch gemäß einem der Ansprüche 1–3, wobei die Dicke des äußeren Teils der Wand ungefähr 0,24 mm beträgt.
5. Beatmungsschlauch gemäß einem der Ansprüche 1–4, wobei die Dicke des inneren Teils der Wand in dem Bereich von ungefähr 0,05 mm und ungefähr 0,30 mm liegt.

6. Beatmungsschlauch gemäß einem der Ansprüche 1–5, wobei die Dicke des inneren Teils der Wand ungefähr 0,10 mm beträgt.

7. Beatmungsschlauch, der Folgendes aufweist:

ein erstes langgestrecktes Glied, das eine Hohlkörperkomponente aufweist, wobei das Gewicht pro Länge des Schlauchs innerhalb zumindest eines Teils der 300 mm, die am dichtesten an einem Ende des Schlauchs sind, weniger als ungefähr 0,08 g/mm beträgt.

8. Beatmungsschlauch gemäß Anspruch 7, wobei das erste langgestreckte Glied einen Hohlkörper aufweist, die spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, einem Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und eine hohle Wand zu bilden, die das Lumen umgibt.

9. Beatmungsschlauch gemäß Anspruch 8, der ferner ein zweites langgestrecktes Glied aufweist, das spiralförmig gewickelt ist, und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet.

10. Beatmungsschlauch gemäß Anspruch 9, der eine oder mehrere leitende Fasern aufweist, die innerhalb des zweiten langgestreckten Glieds eingebettet oder eingekapselt sind.

11. Beatmungsschlauch gemäß Anspruch 10, wobei zumindest eine der einen oder mehreren leitenden Fasern bzw. Fäden ein Heizfaden ist.

12. Beatmungsschlauch gemäß Anspruch 10 oder 11, wobei zumindest eine der einen oder mehreren leitenden Fasern bzw. Fäden ein Abtastfaden ist.

13. Beatmungsschlauch gemäß einem der Ansprüche 7–12, wobei die Schlauchmasse in den 300 mm, die am dichtesten an einem Ende des Schlauchs sind, weniger als ungefähr 24 g beträgt.

14. Beatmungsschlauch gemäß einem der Ansprüche 7–13, wobei das Gewicht pro Länge des Schlauchs innerhalb zumindest eines Teils der 300 mm, die am dichtesten an einem Ende des Schlauchs sind, weniger als ungefähr 0,06 g/mm beträgt.

15. Beatmungsschlauch gemäß einem der Ansprüche 7–14, wobei die Schlauchmasse in den 300 mm, die am dichtesten an einem Ende des Schlauchs sind, weniger als ungefähr 16 g beträgt.

16. Beatmungsschlauch gemäß einem der Ansprüche 7–15, wobei die Dicke der Wand höchstens ungefähr 0,50 mm beträgt.

17. Beatmungsschlauch, der Folgendes aufweist:

ein erstes langgestrecktes Glied, das einen Hohlkörper aufweist, der spiralförmig gewickelt ist, um zumindest teilweise einen langgestreckten Schlauch mit einer Längsachse, einem Lumen, das sich entlang der Längsachse erstreckt, und einer hohlen Wand zu bilden, die das Lumen umgibt, wobei die Wand einen inneren Teil nahe dem Lumen und einen äußeren Teil von dem Lumen wegweisend aufweist, wobei in zumindest einem Teil des Verbundschlauchs, wenn eine Kraft auf den äußeren Teil der Wand mit einem 2,5-mm-Fühler angelegt wird bis der äußere Teil der Wand den inneren Teil kontaktiert, der äußere Teil um eine vertikale Entfernung abgelenkt wird, die die folgende Gleichung erfüllt:

$$D > 0,5 \times F_{2,5},$$

wobei D die vertikale Entfernung in Millimetern repräsentiert und $F_{2,5}$ die Kraft in Newton repräsentiert, die durch den 2,5-mm-Fühler angelegt wird.

18. Beatmungsschlauch gemäß Anspruch 17, der ferner ein zweites langgestrecktes Glied aufweist, das spiralförmig gewickelt und zwischen benachbarten Windungen des ersten langgestreckten Glieds verbunden ist, wobei das zweite langgestreckte Glied zumindest einen Teil des Lumens des langgestreckten Schlauchs bildet.

19. Beatmungsschlauch gemäß Anspruch 17 oder 18, wobei der äußere Teil um mehr als ungefähr 1 mm abgelenkt wird, wenn eine Kraft von ungefähr 1 N mit dem 2,5-mm-Fühler angelegt wird.

20. Atmungsleitung, die Folgendes aufweist:
ein Lumen, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, und eine Wand, die das Lumen umgibt, wobei das Lumen im Gebrauch einen Gasströmungspfad definiert; und
eine überspritzte Leiterplattenanordnung, die an der Wand befestigt ist, wobei die Leiterplattenanordnung eine Leiterplatte mit einem Sensorteil aufweist, der in dem Lumen der Leitung angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, sowie einen Temperatursensor auf einer Oberfläche des Sensorteils.

21. Leitung gemäß Anspruch 20, wobei der Temperatursensor ein Thermistor ist.

22. Atmungsleitung, die Folgendes aufweist:
ein Lumen, das sich entlang einer Längsachse erstreckt, und Wände, die das Lumen umgeben, wobei das Lumen im Gebrauch einen Gasströmungspfad definiert; und
eine Komponente, die an den Wänden befestigt ist und sich über das Lumen hinweg über einen Durchmesser oder eine Profillinie hinweg erstreckt, so dass die Komponente im Allgemeinen zumindest einen Teil des Strömungspfads halbiert, wobei die Komponente einen Sensorteil, der in dem Lumen angeordnet ist und entlang der Längsachse vorragt, sowie einen Temperatursensor auf einer Oberfläche des Sensorteils aufweist.

23. Leitung gemäß Anspruch 22, wobei der Temperatursensor ein Thermistor ist.

24. Leitung gemäß Anspruch 22 oder 23, wobei die Komponente eine Leiterplatte bzw. PCB ist.

25. Leitung gemäß einem der Ansprüche 22–24, wobei die elektrische Verbindung die Länge der Komponente entlang des Durchmessers oder der Profillinie überspannt.

Es folgen 84 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

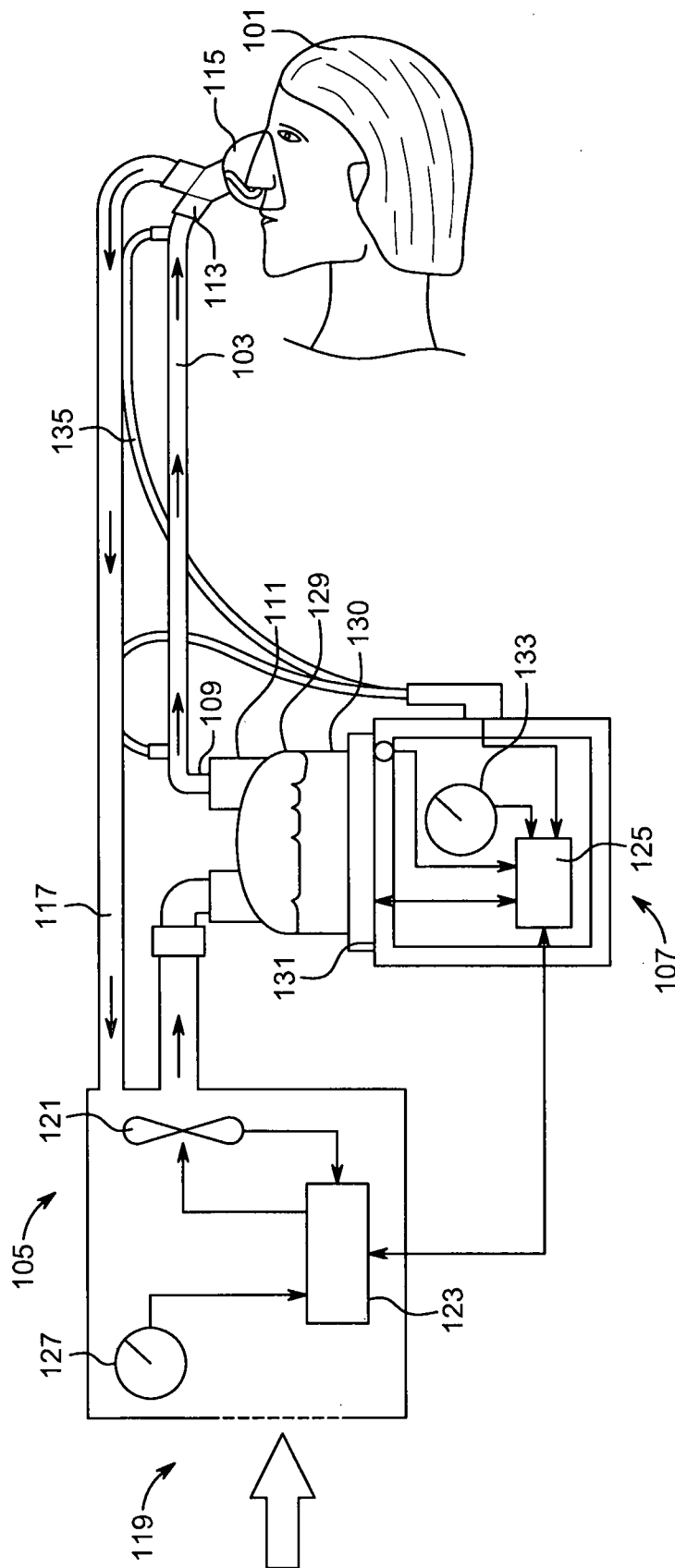


FIG. 1

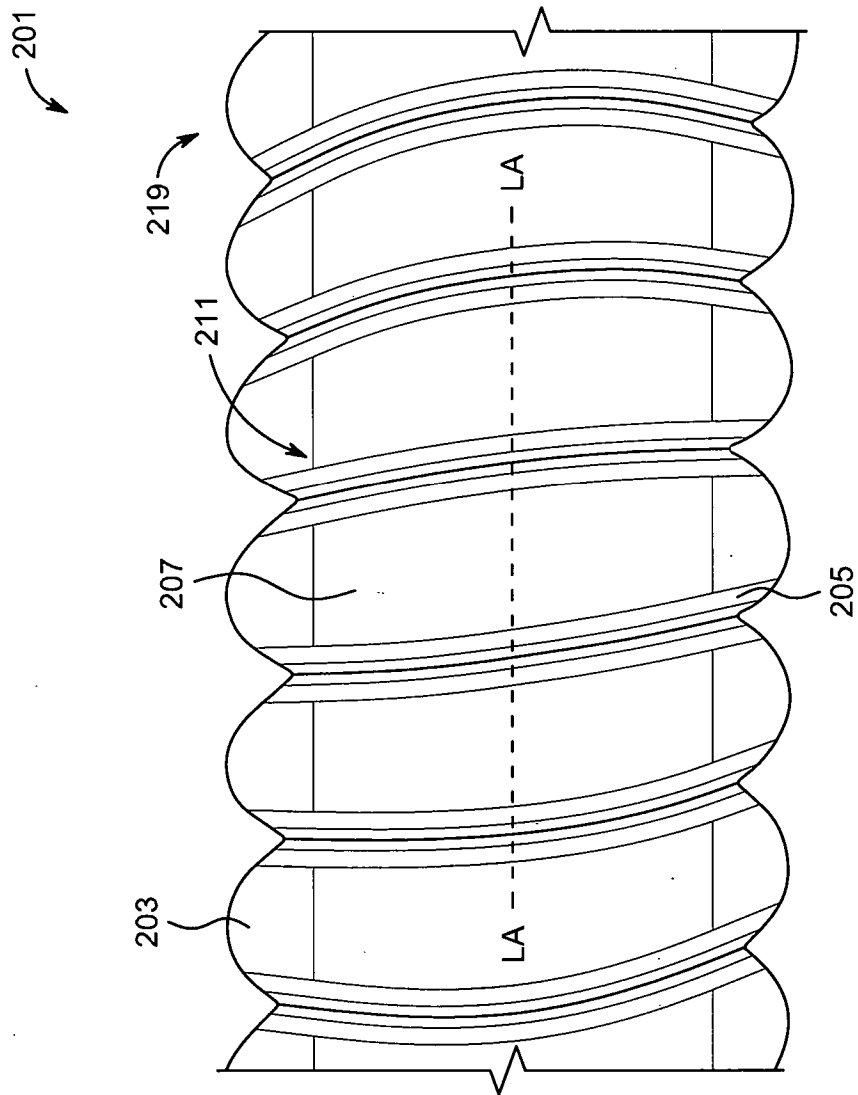


FIG. 2A

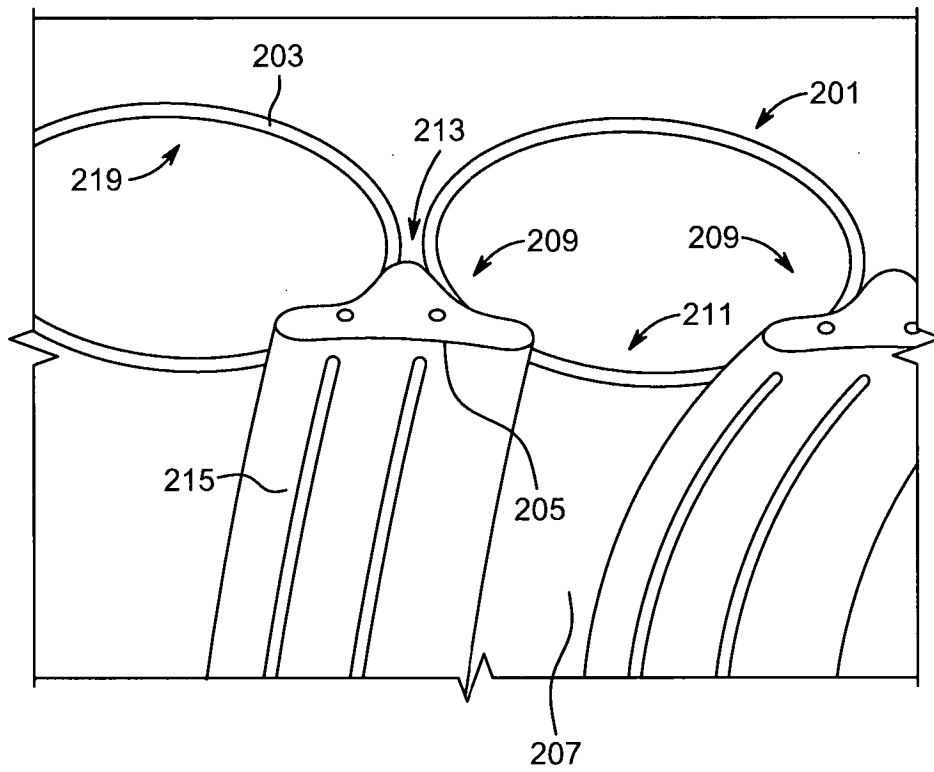


FIG. 2B

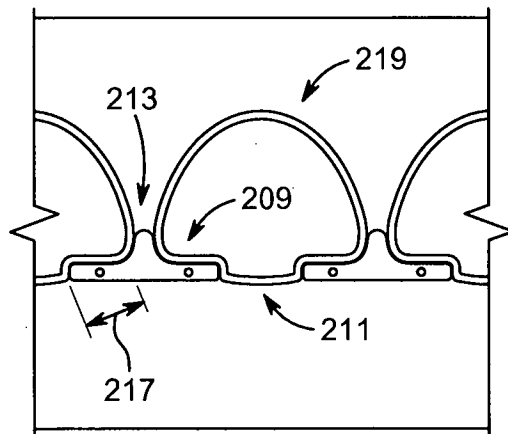


FIG. 2C

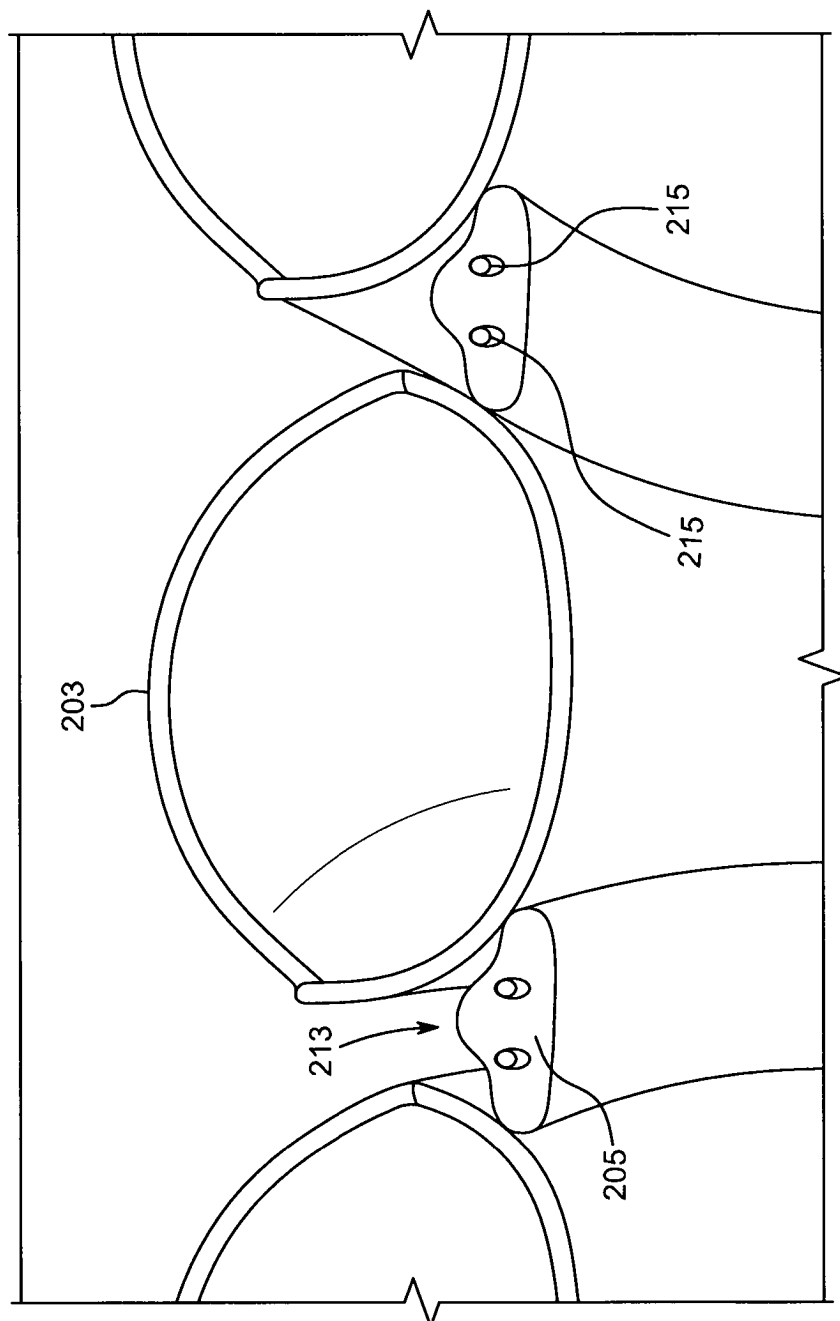


FIG. 2D

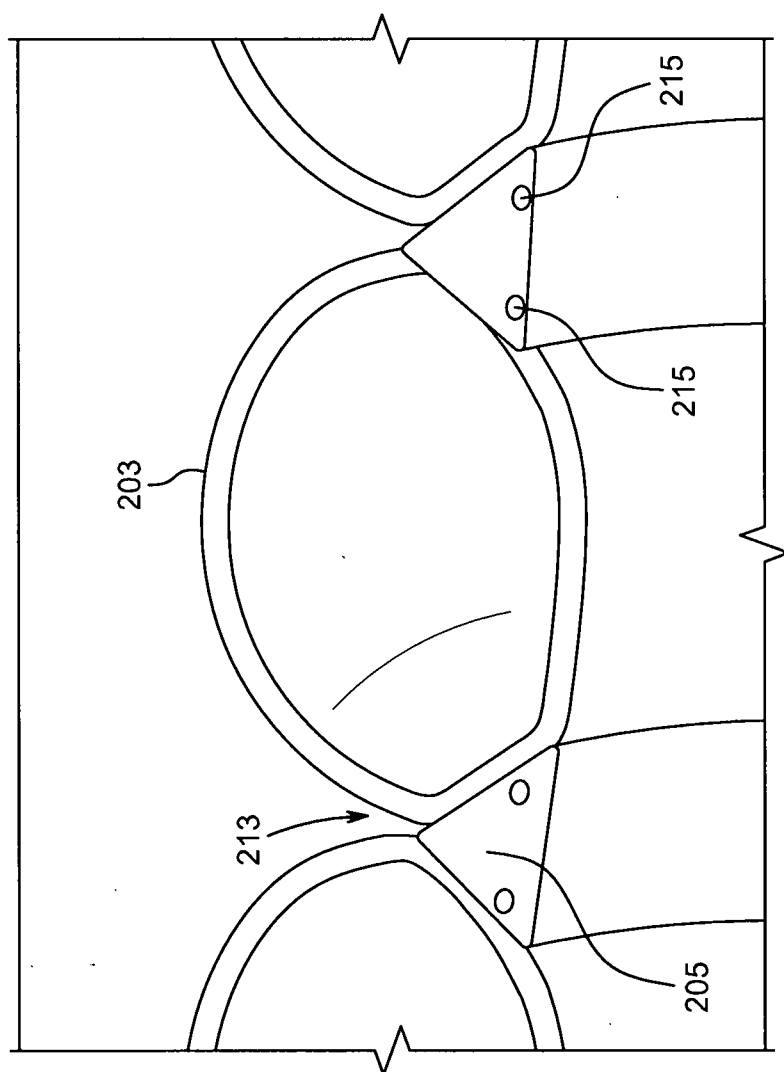


FIG. 2E

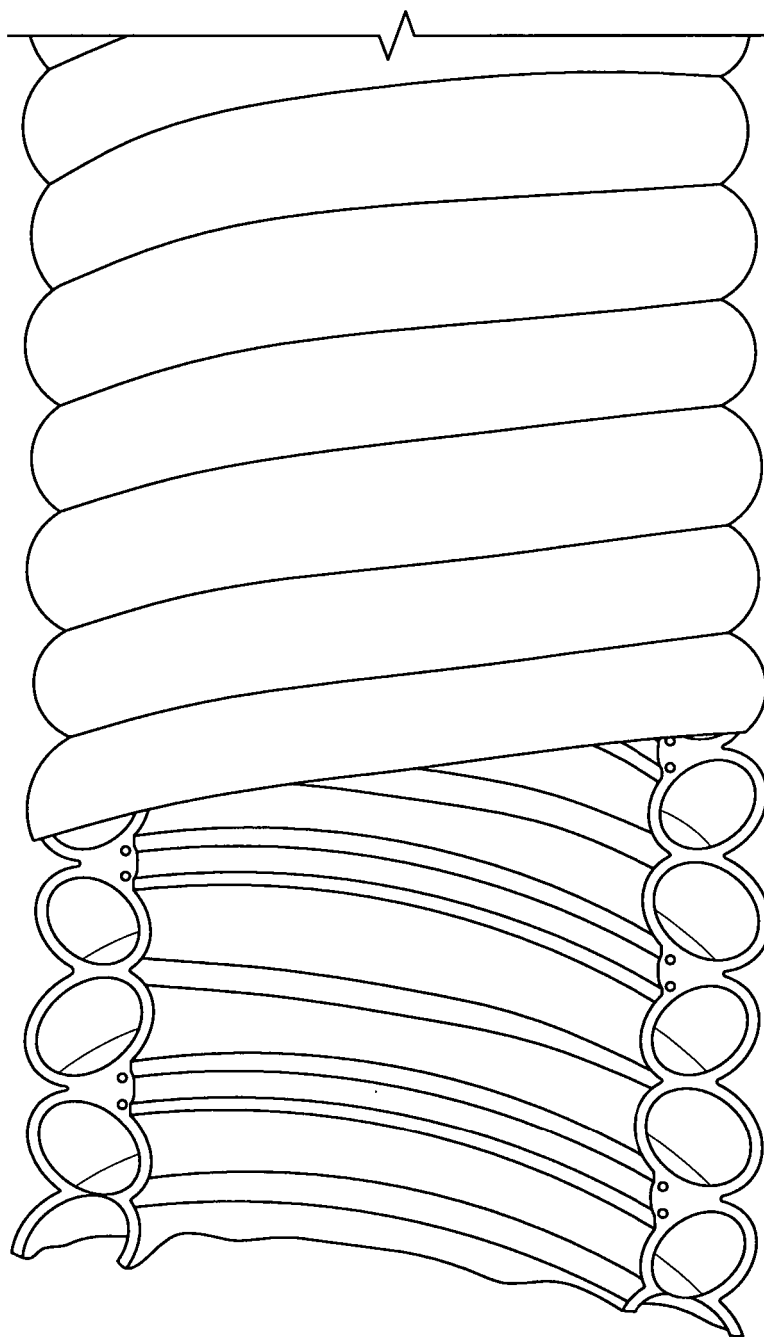


FIG. 2F

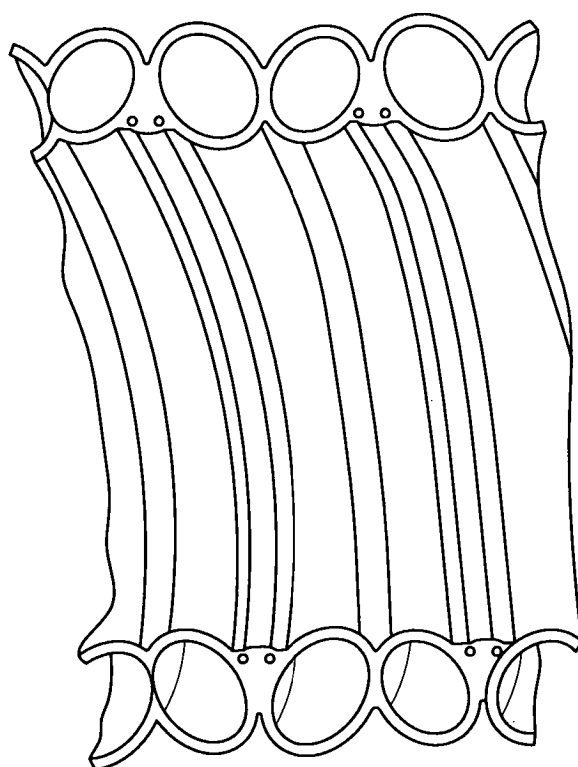


FIG. 2G

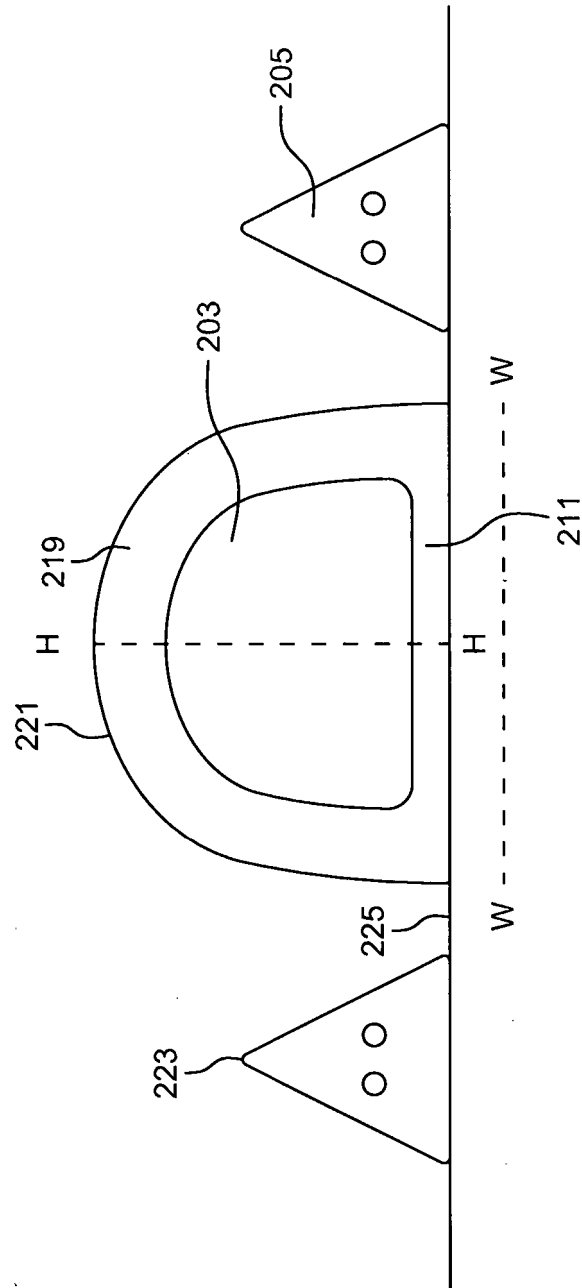


FIG. 2H

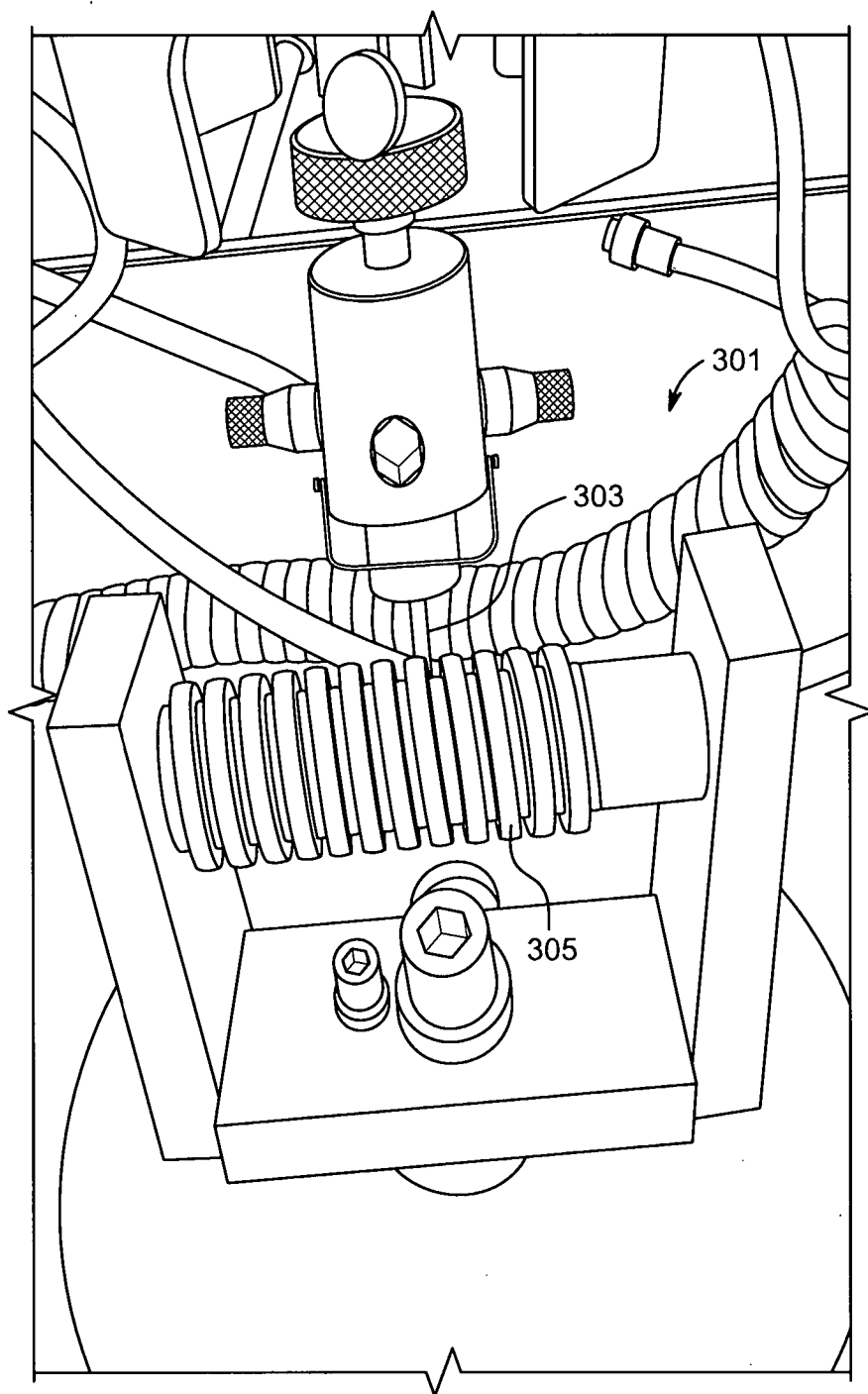
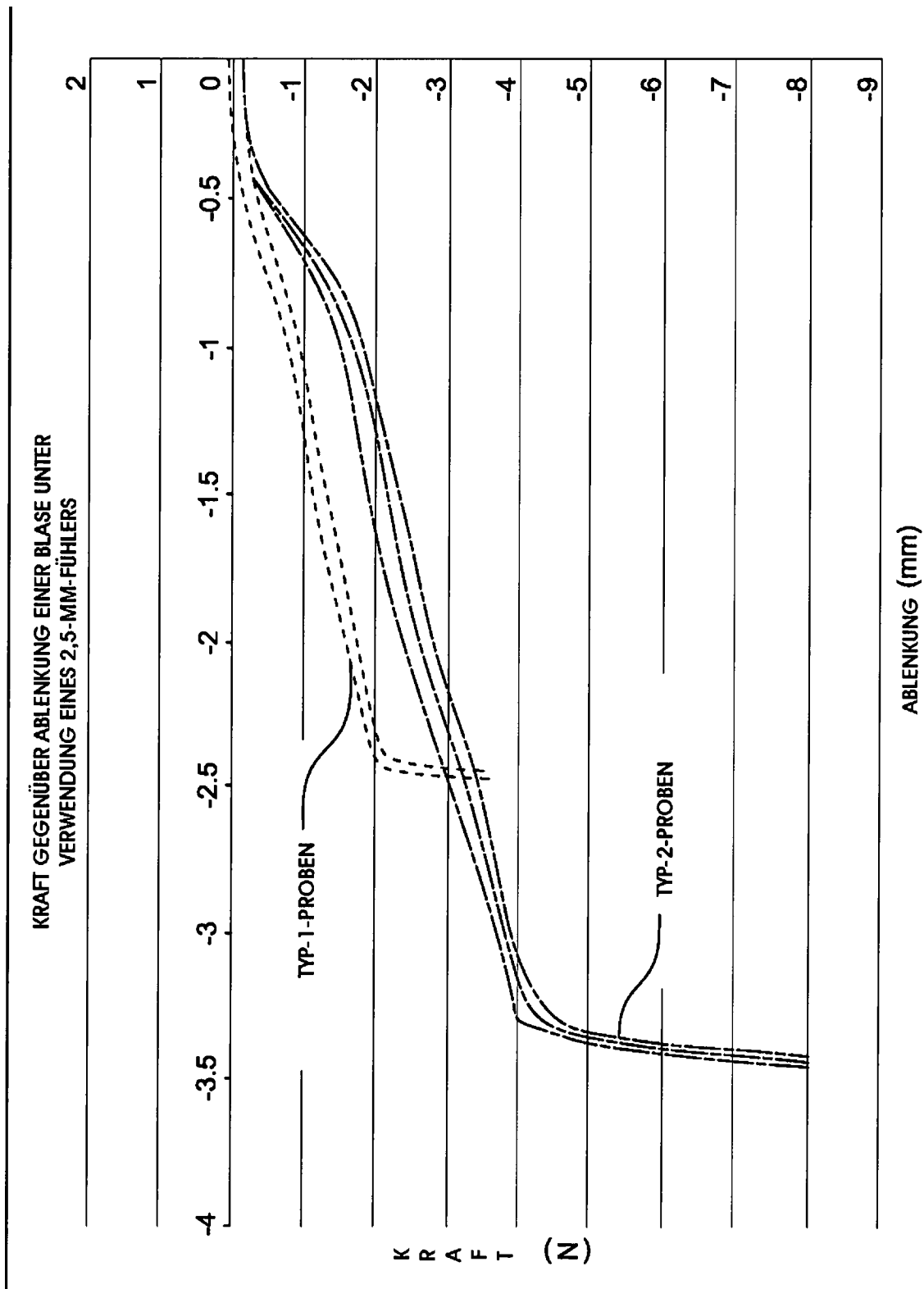


FIG. 3



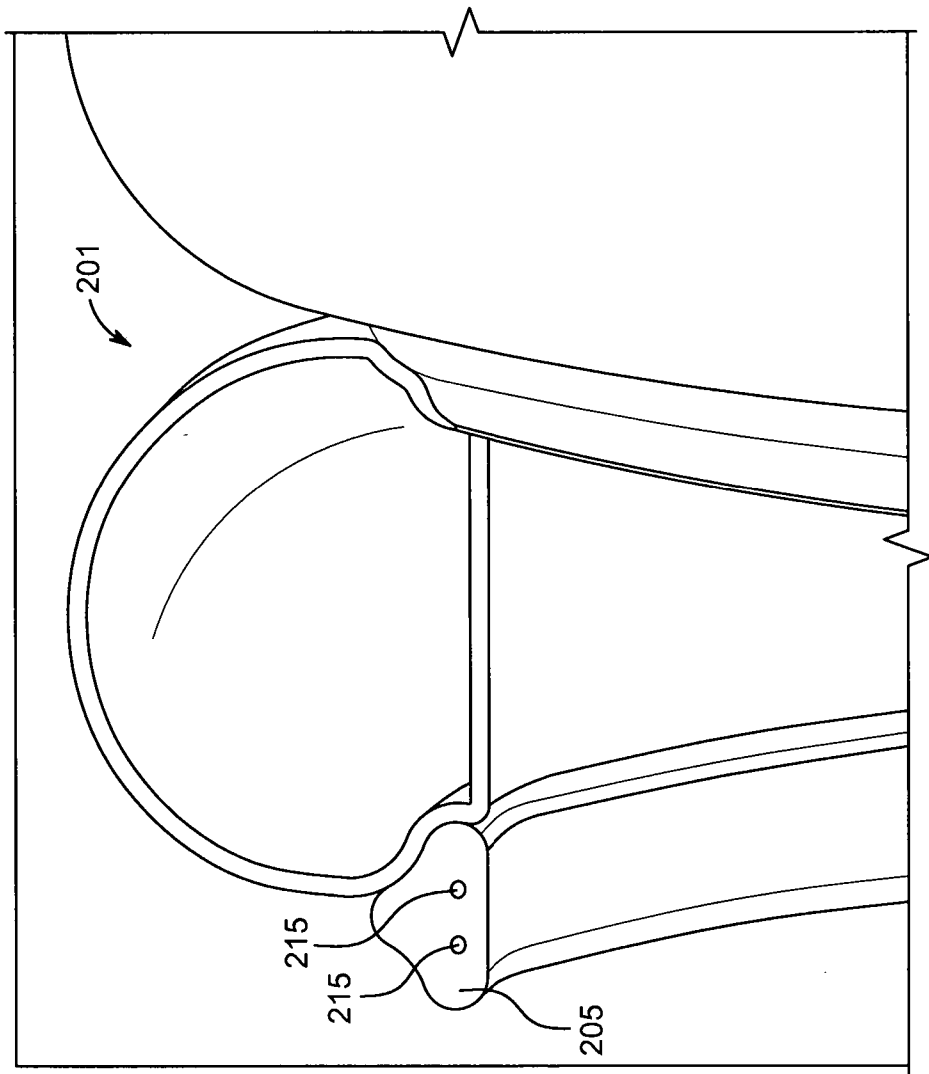


FIG. 5A

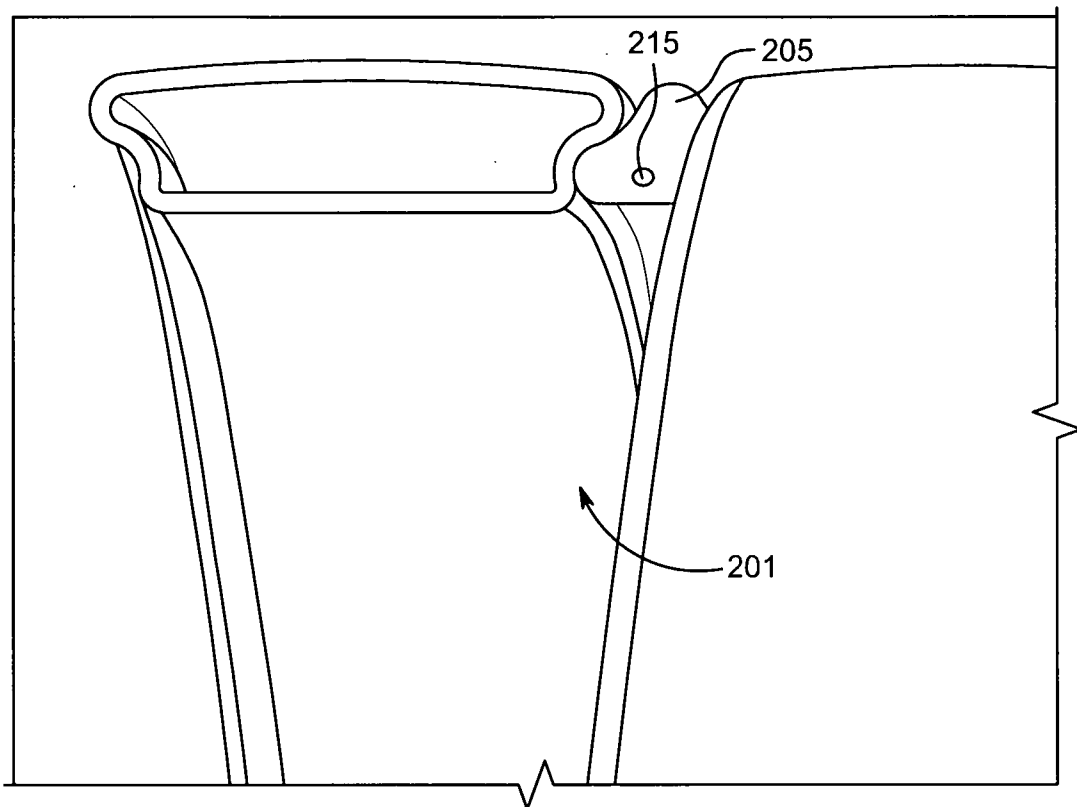


FIG. 5B

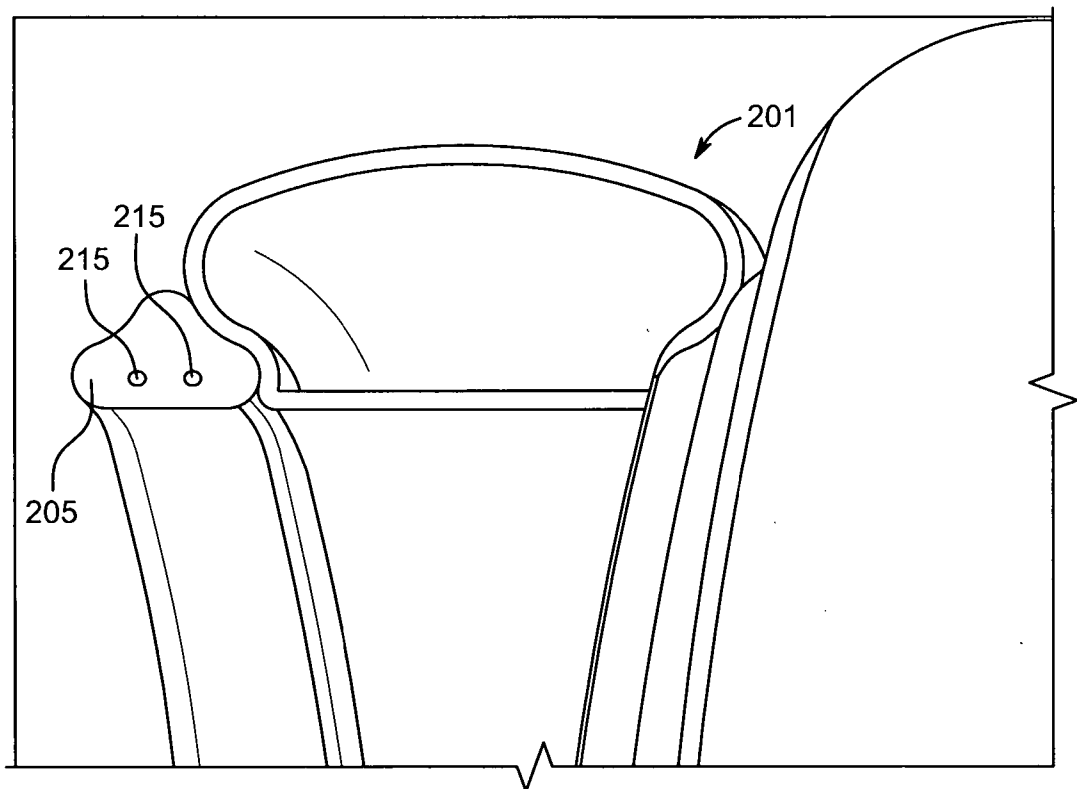


FIG. 5C

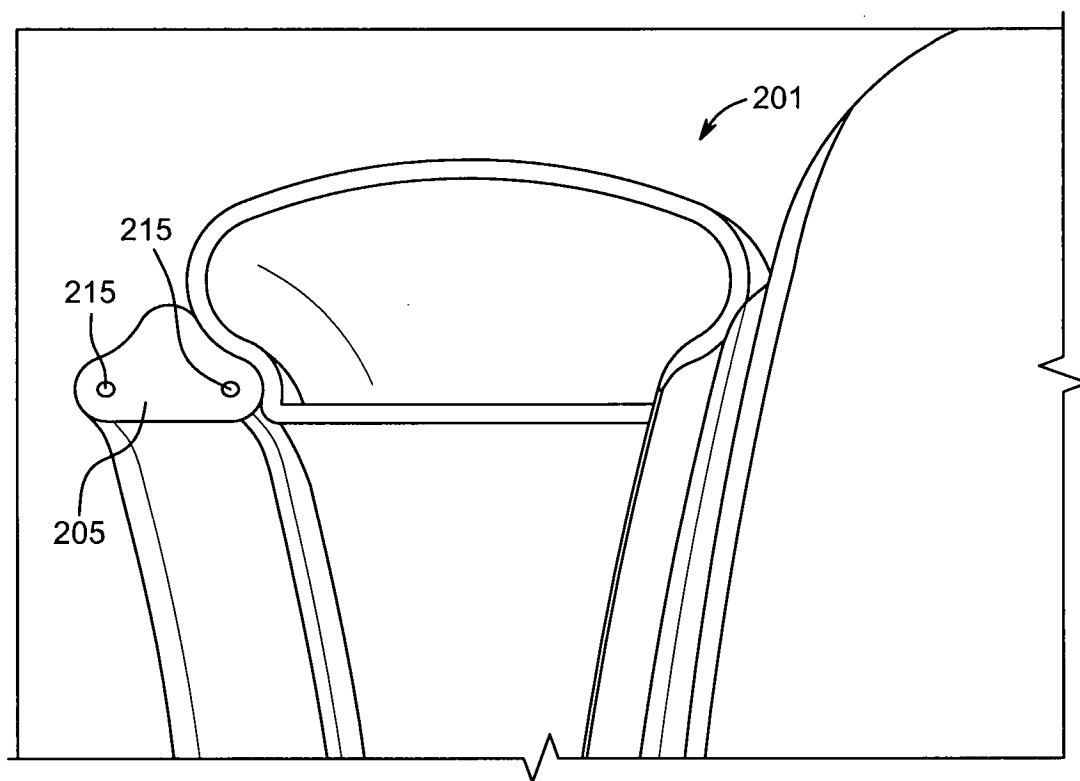


FIG. 5D

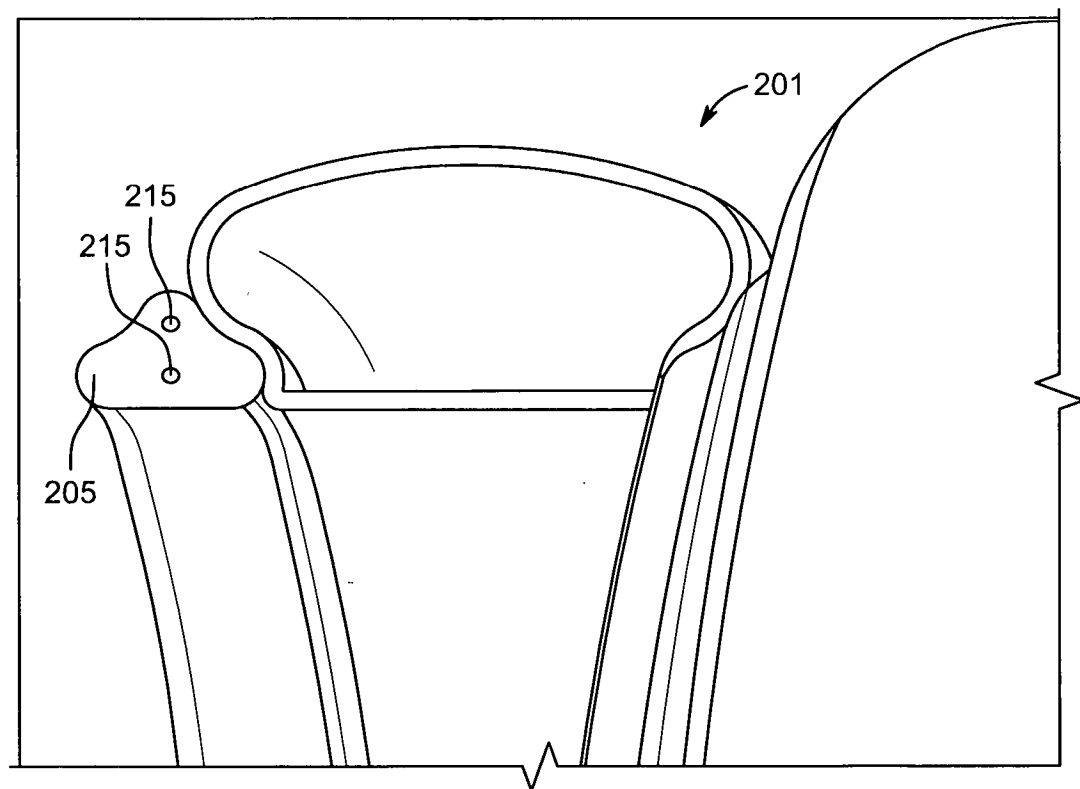


FIG. 5E

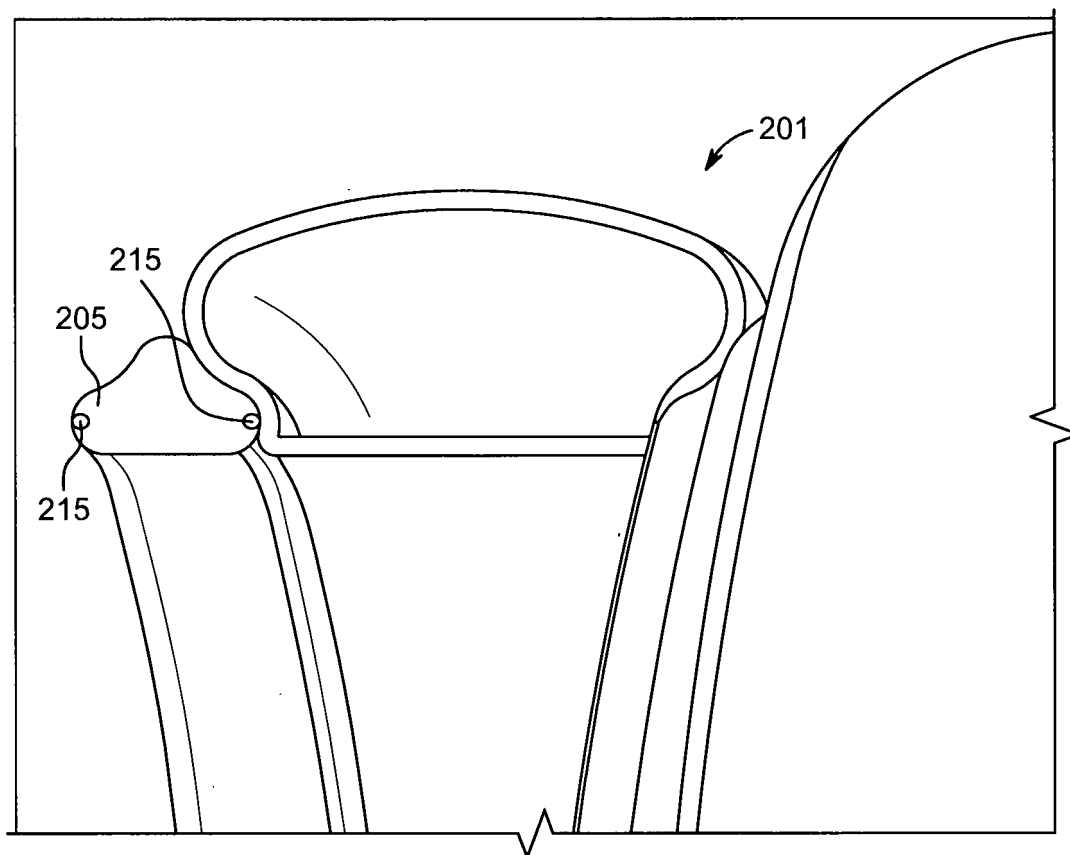


FIG. 5F

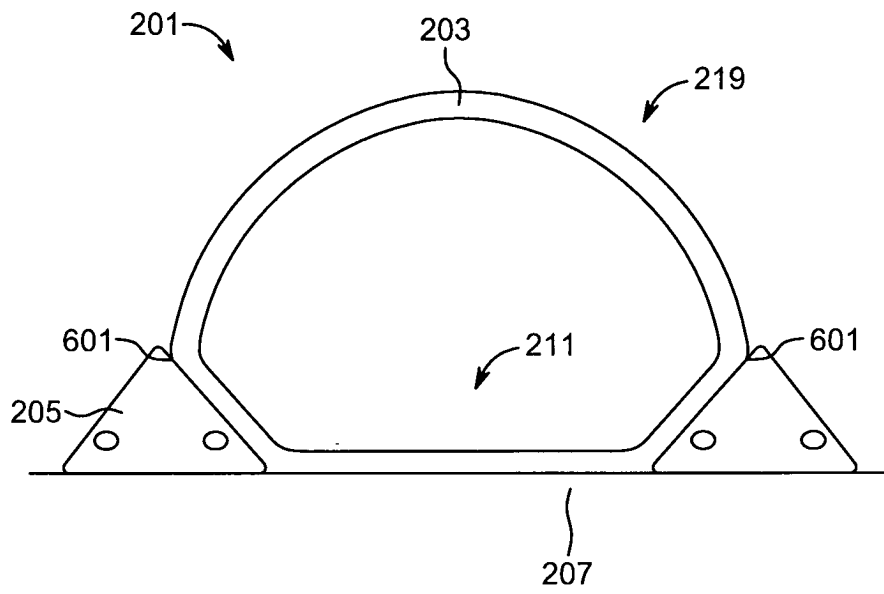


FIG. 6A

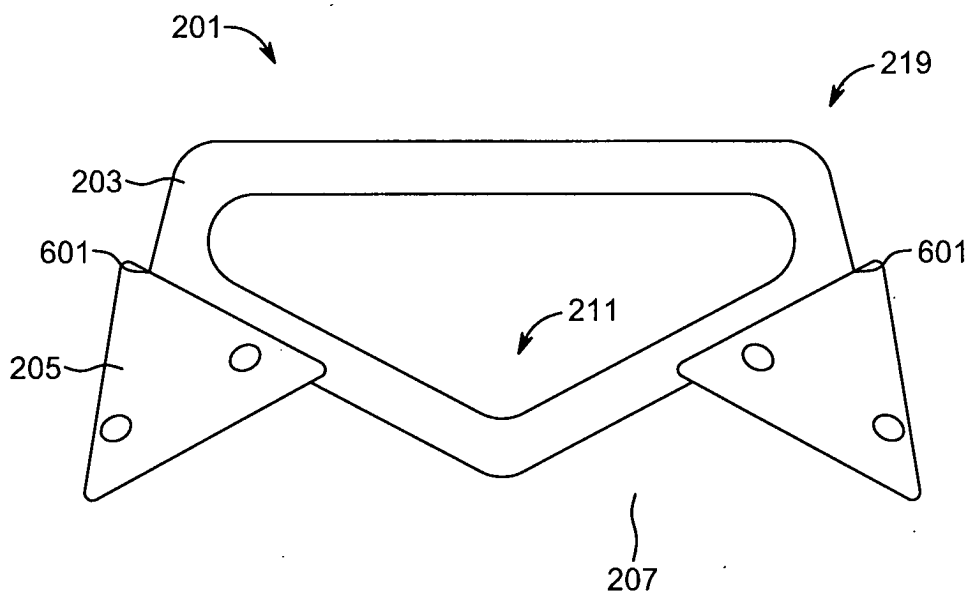


FIG. 6B

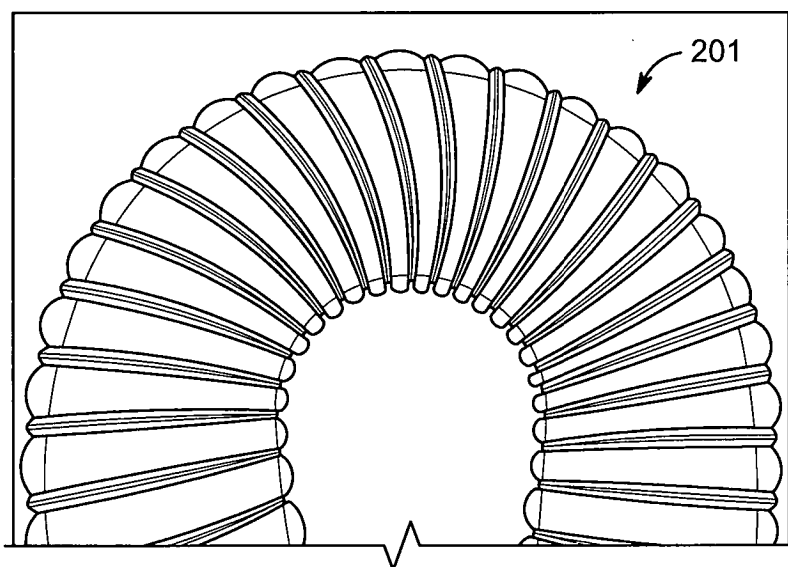


FIG. 6C

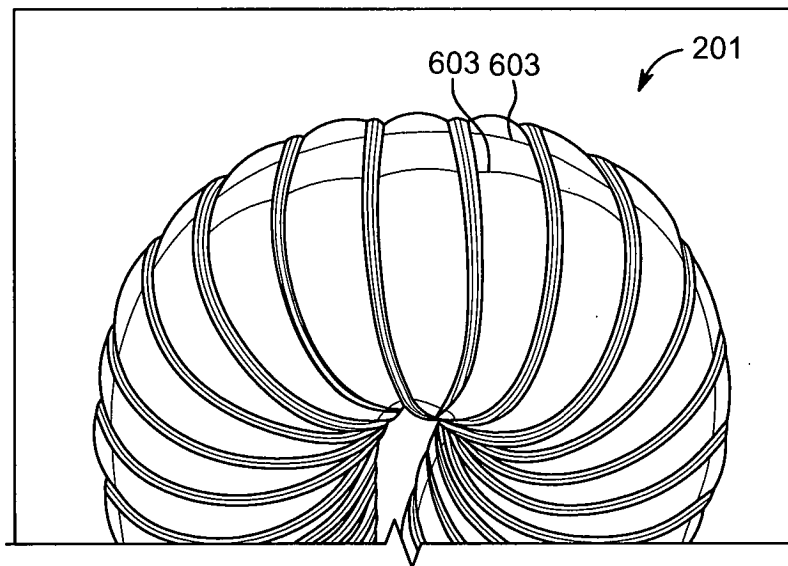


FIG. 6D

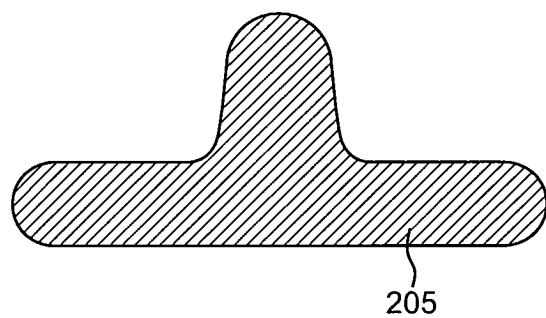


FIG. 7A

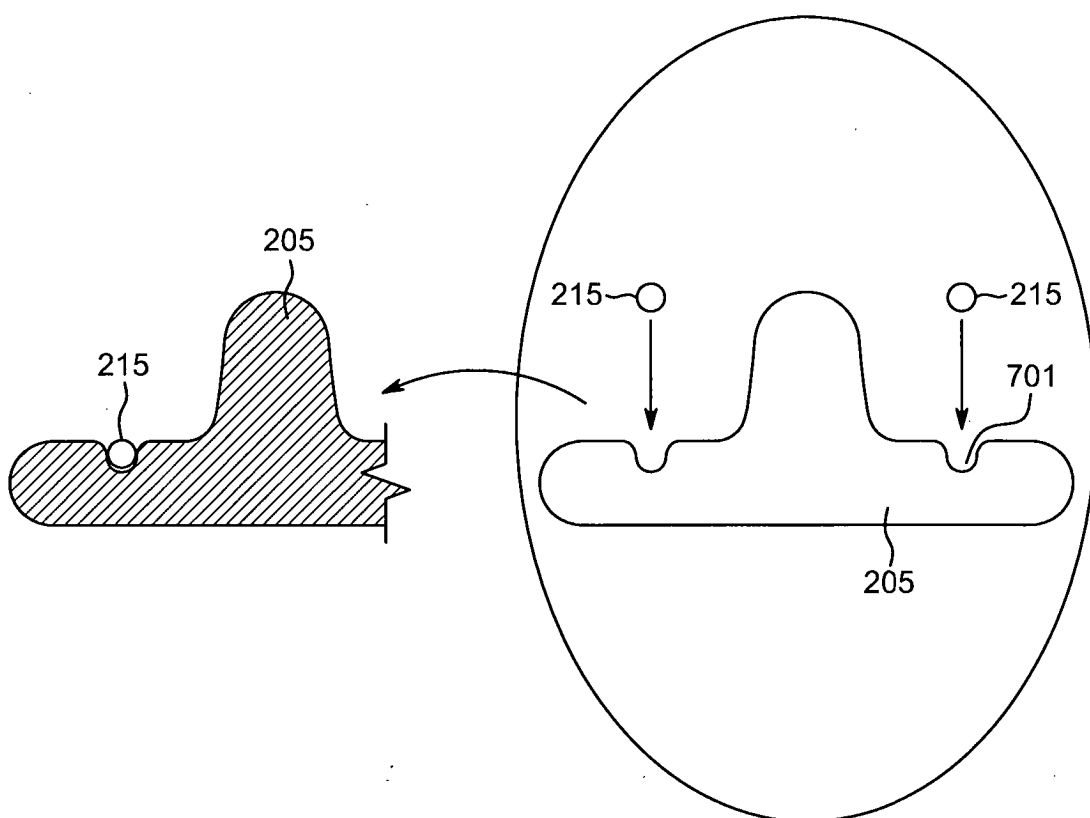


FIG. 7B

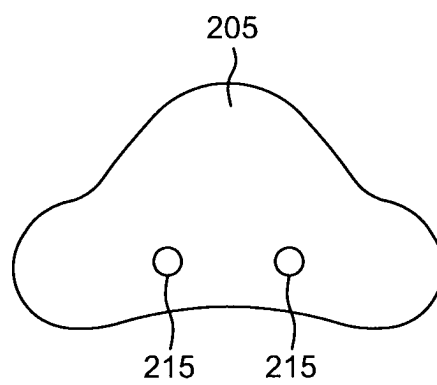


FIG. 7C

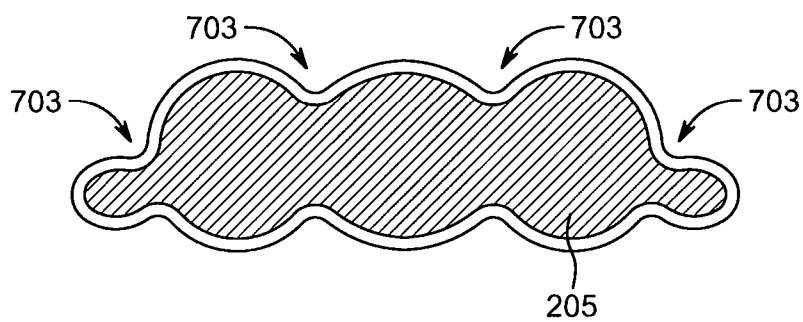


FIG. 7D

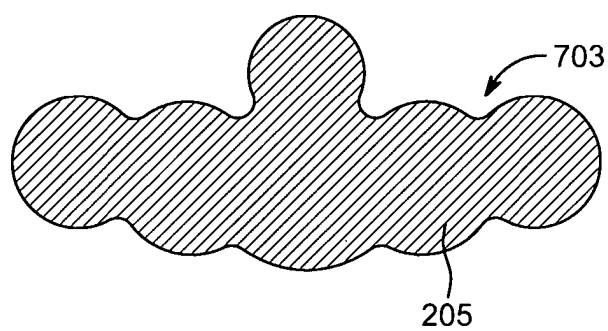


FIG. 7E

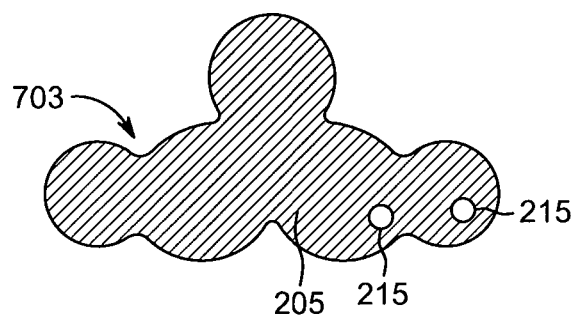


FIG. 7F

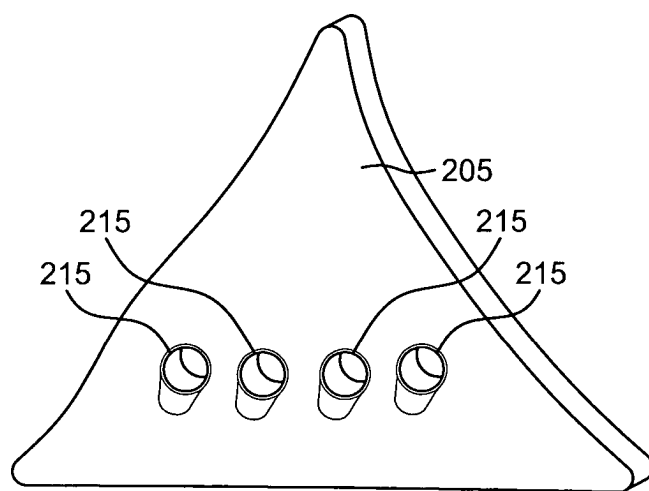


FIG. 7G

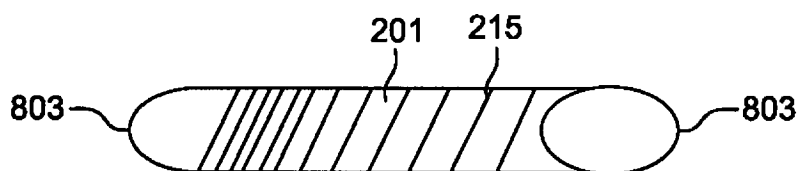


FIG. 8A

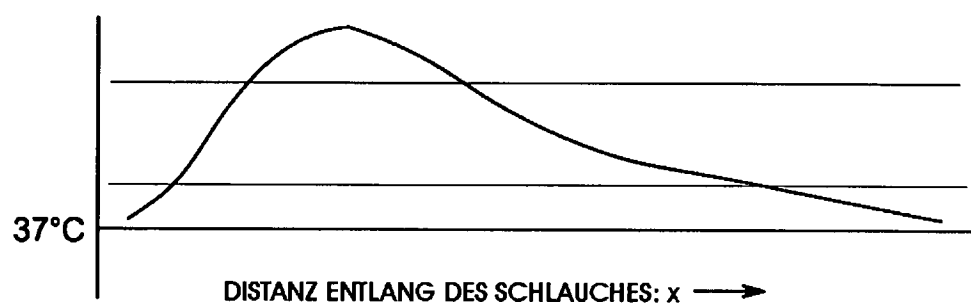


FIG. 8B

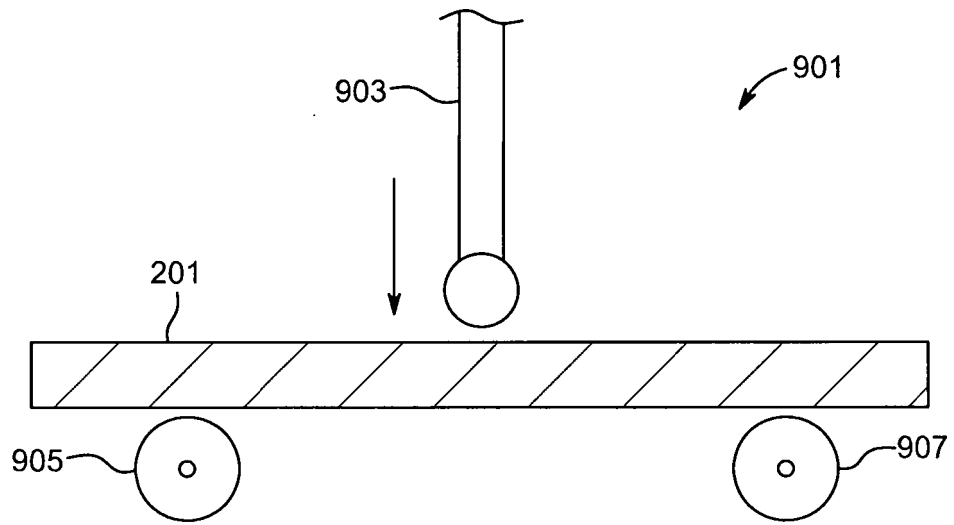


FIG. 9A

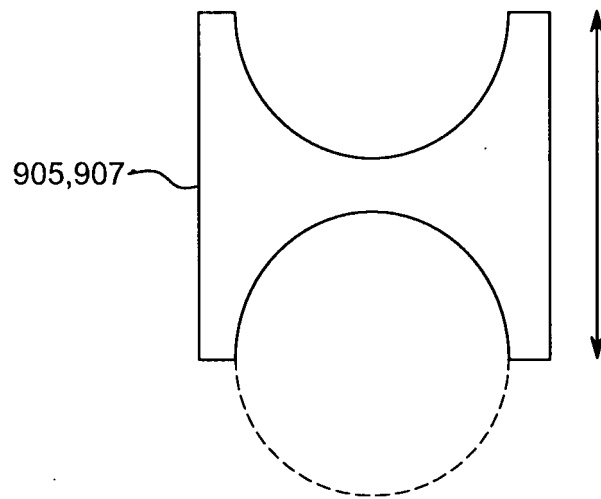


FIG. 9B

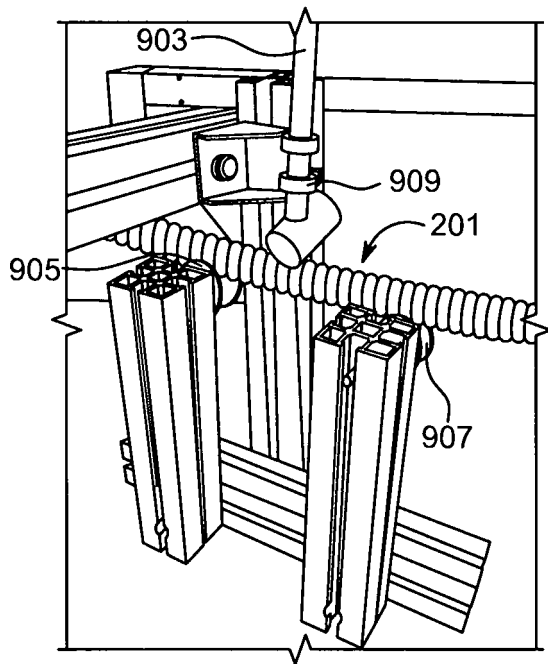


FIG. 9C

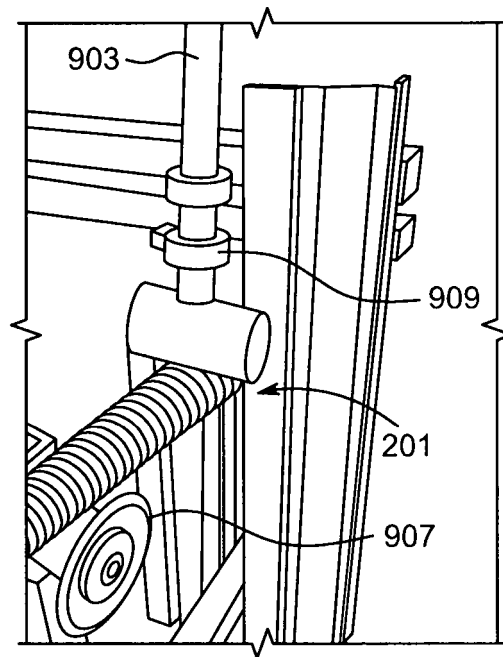


FIG. 9D

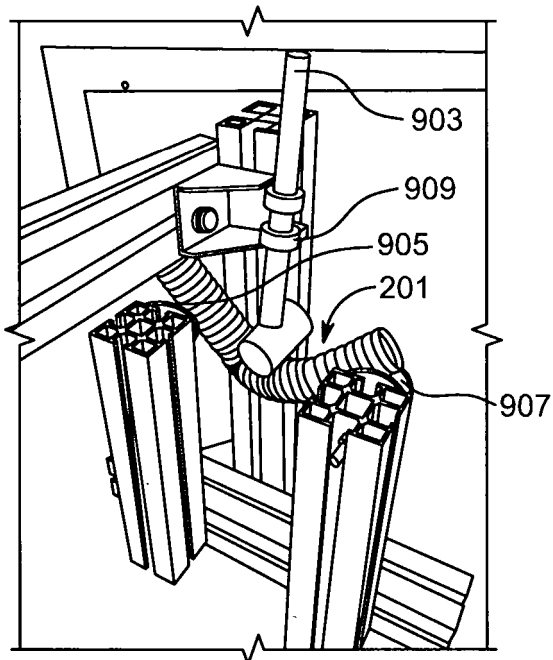


FIG. 9E

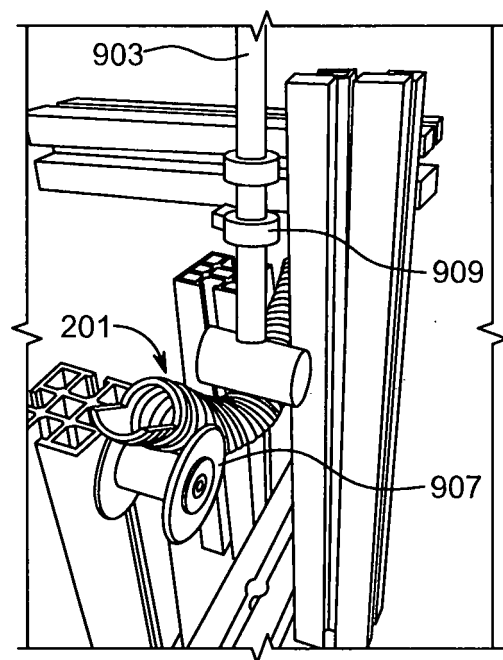


FIG. 9F

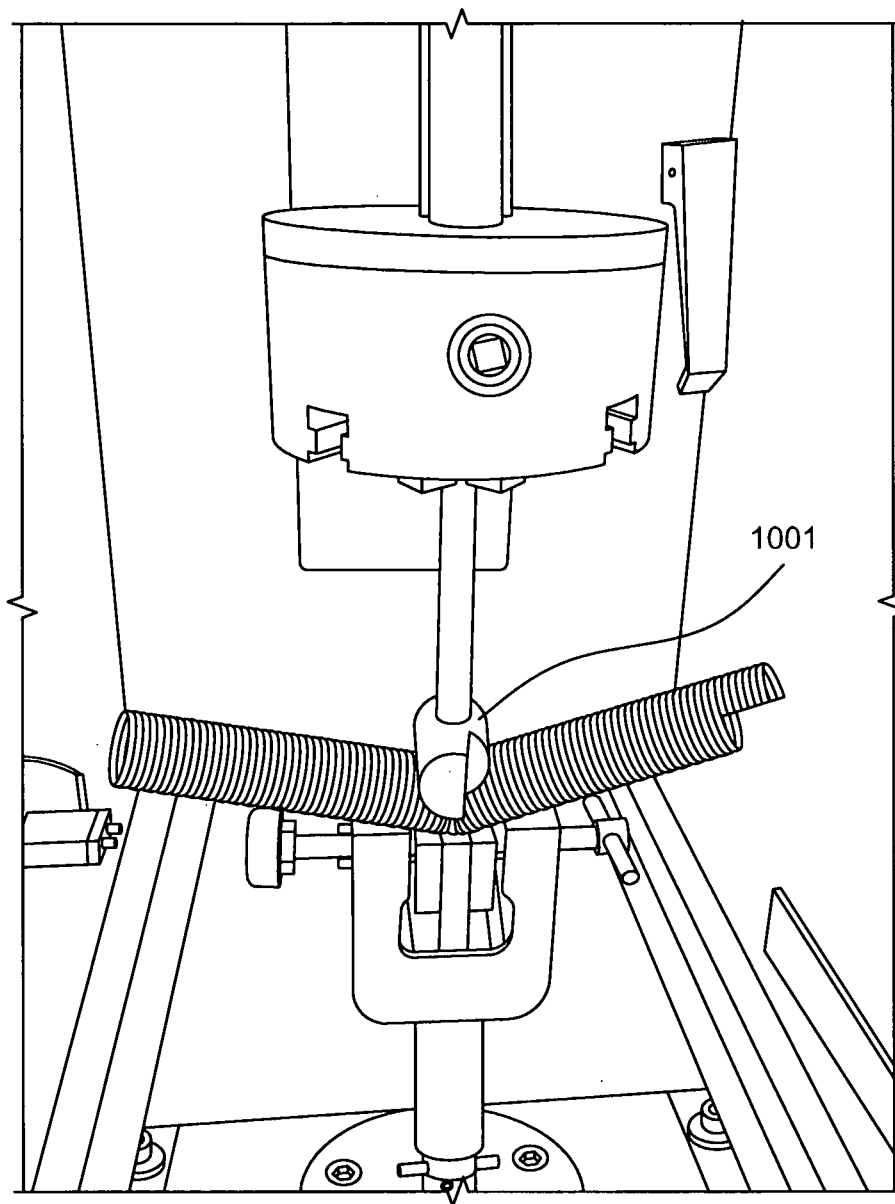


FIG. 10A

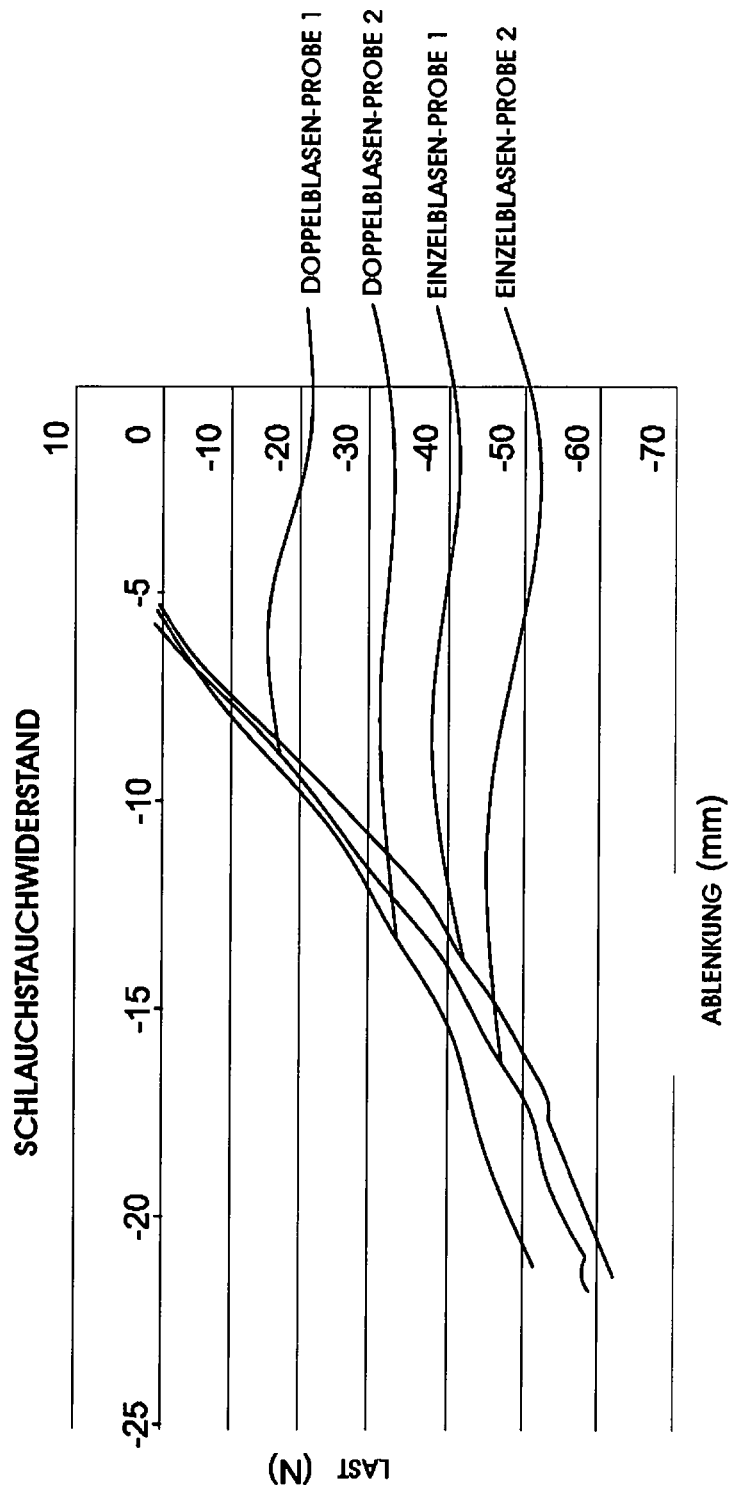


FIG.10B

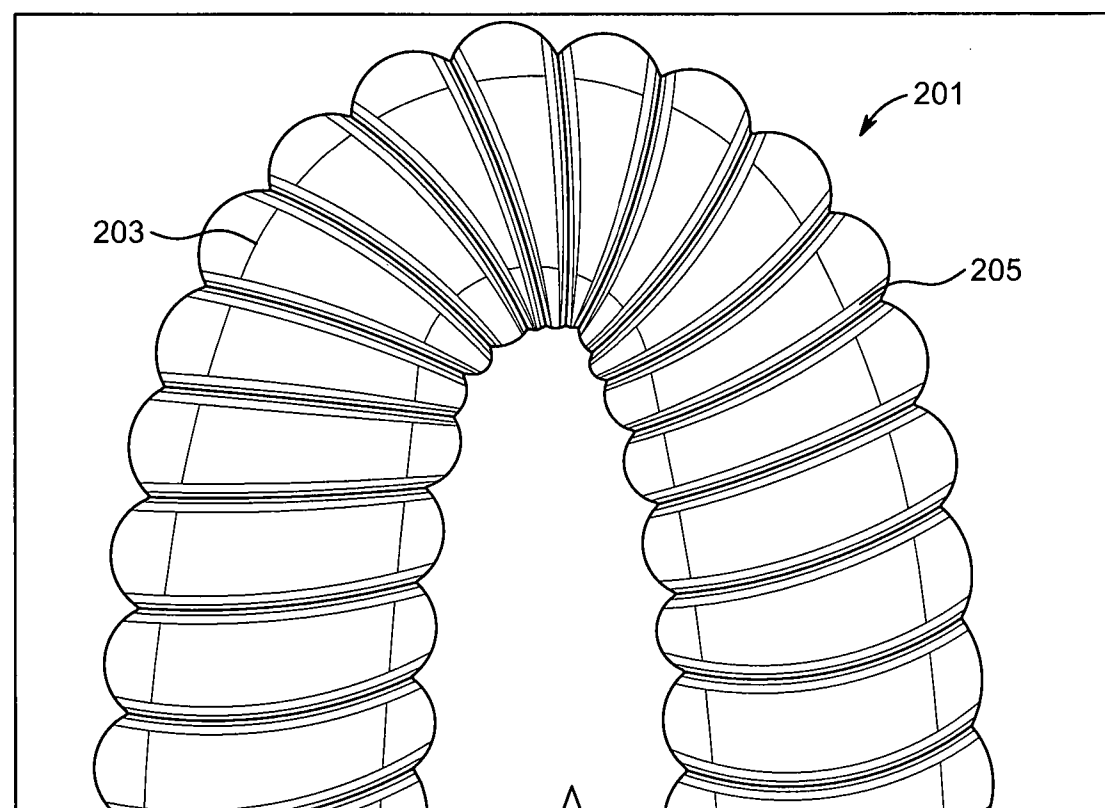


FIG. 11A

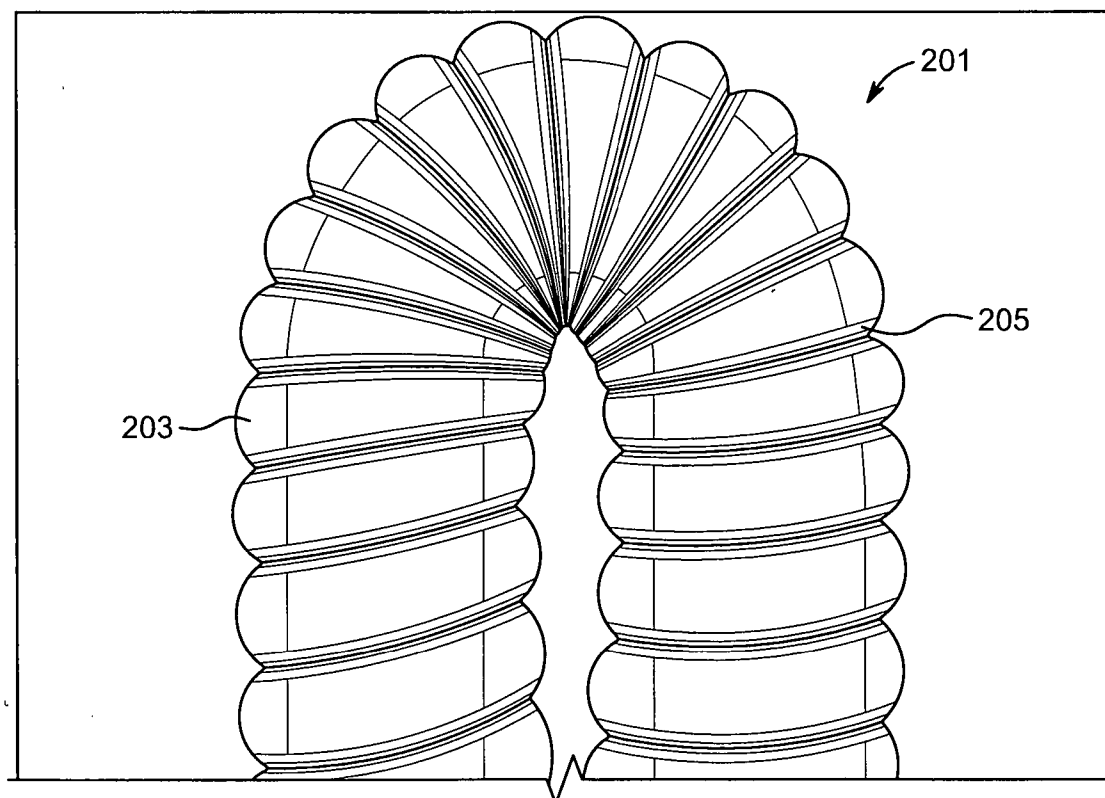


FIG. 11B

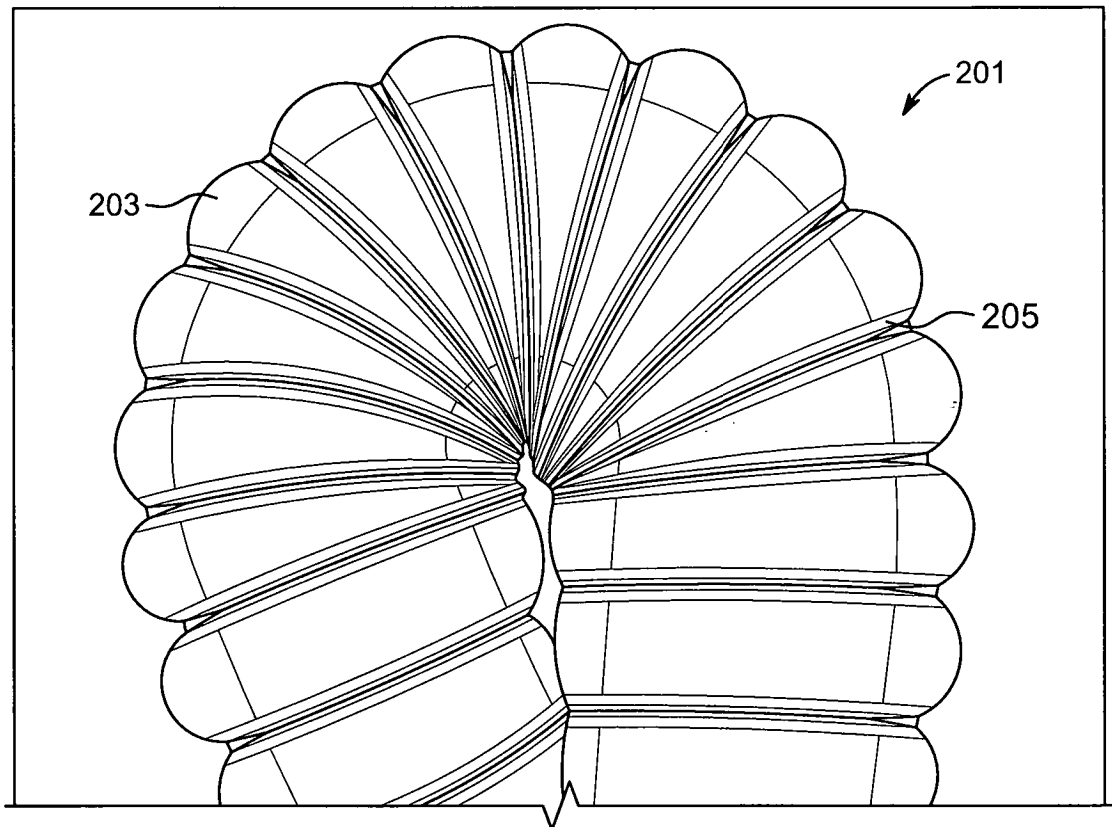


FIG. 11C

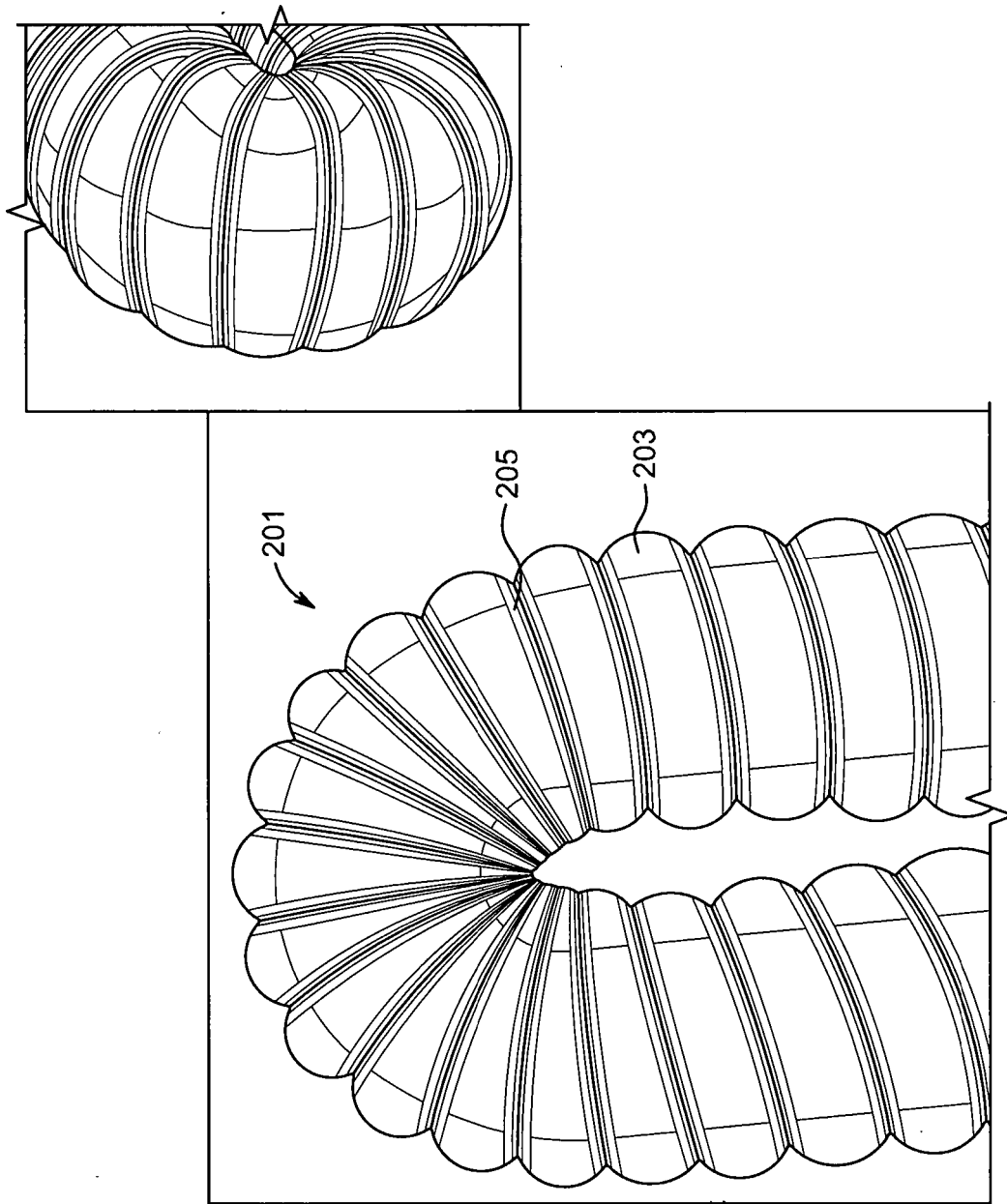


FIG. 11D

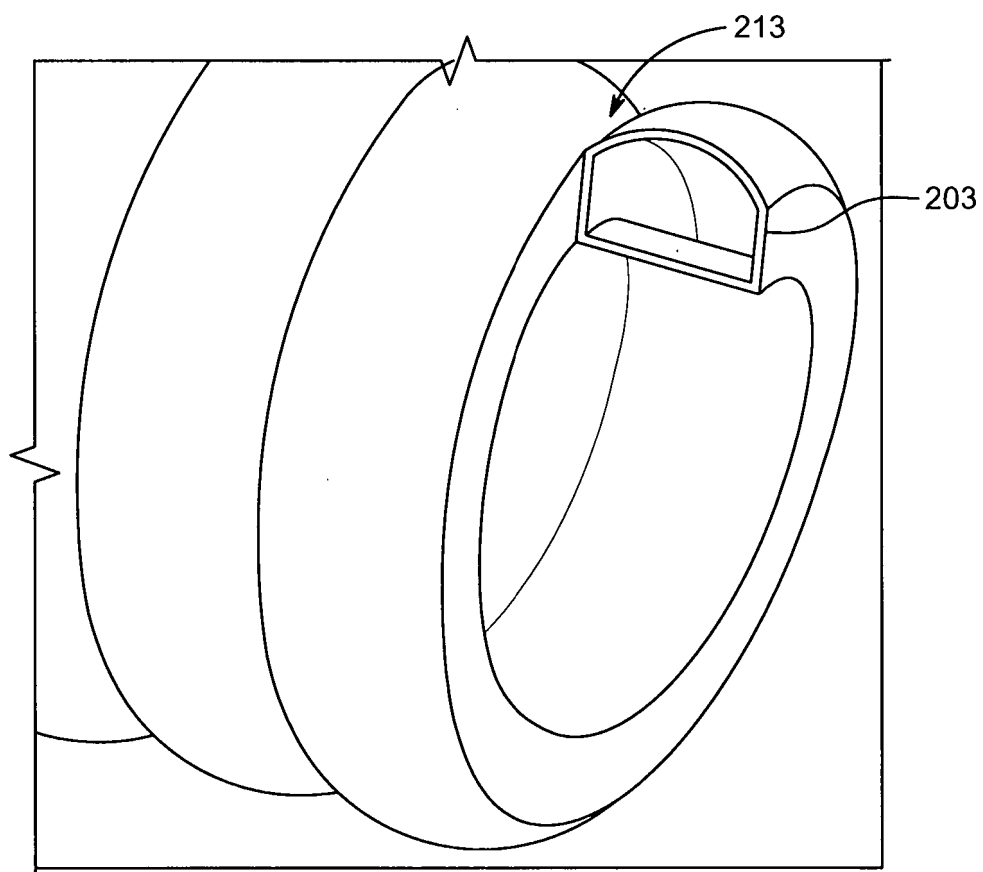


FIG. 12A

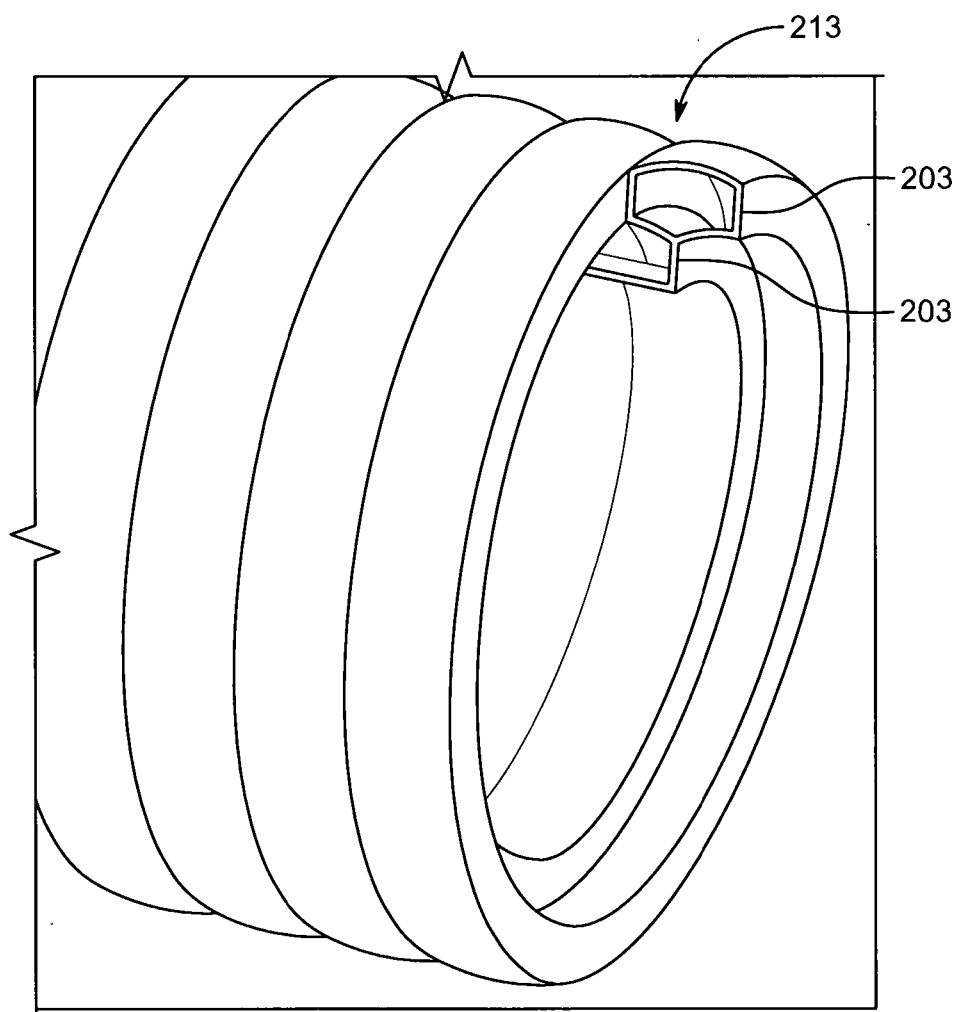


FIG. 12B

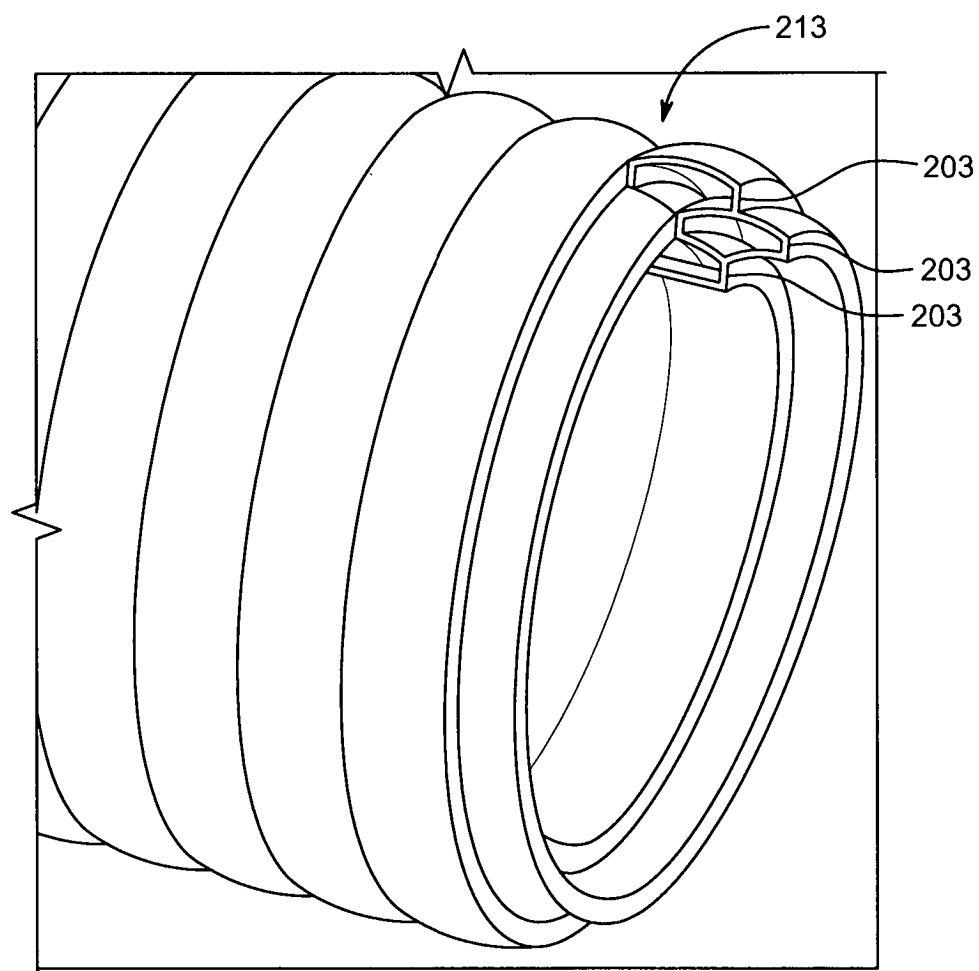


FIG. 12C

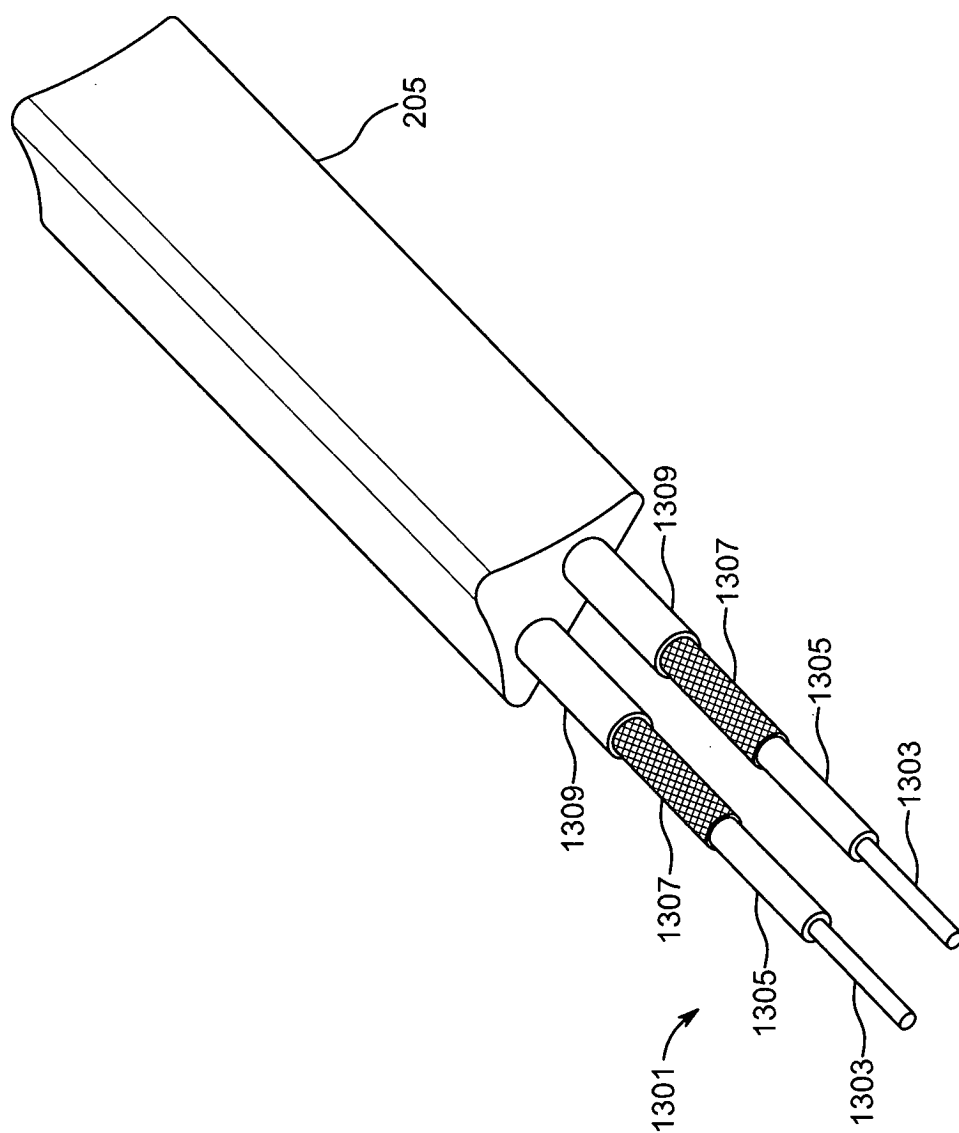
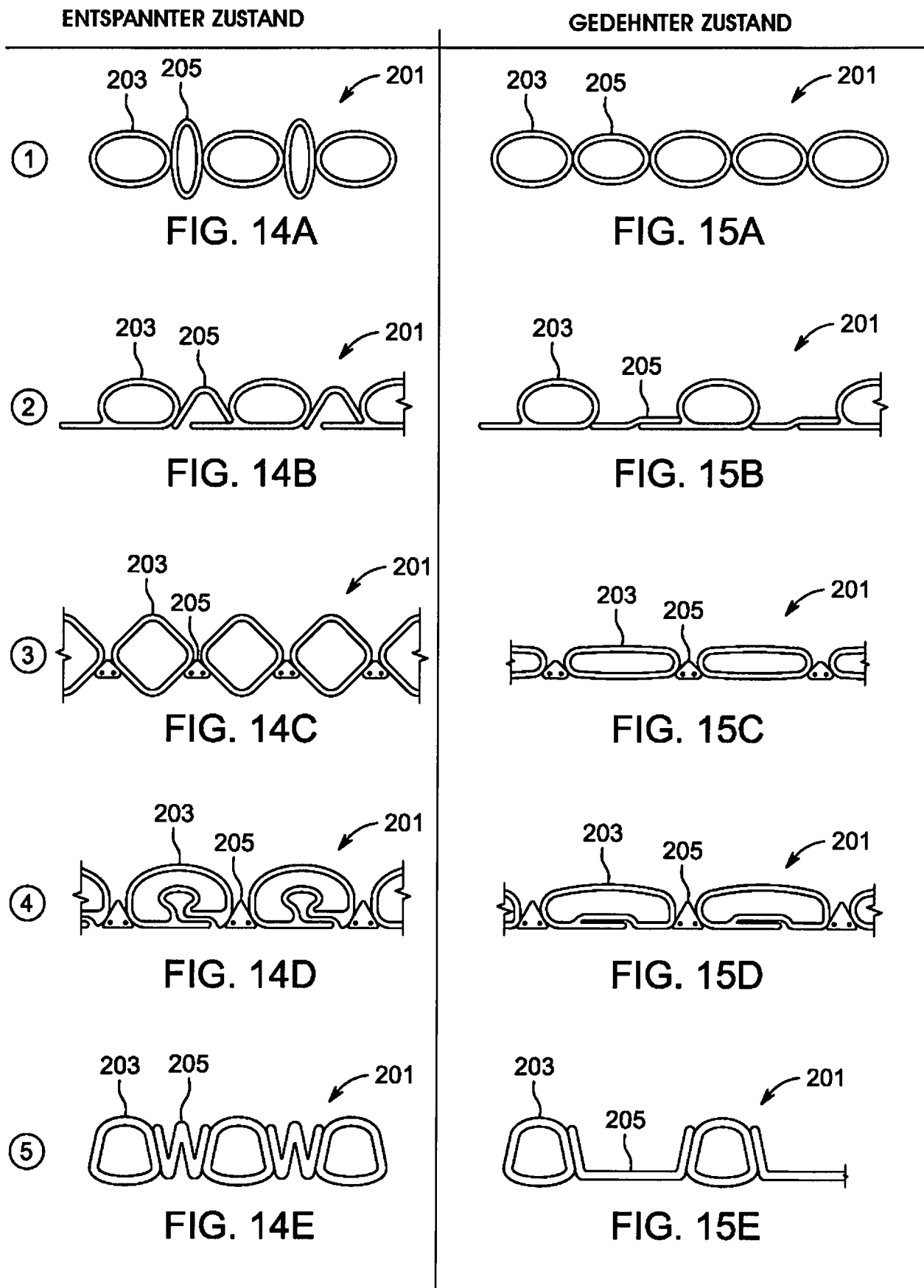


FIG. 13



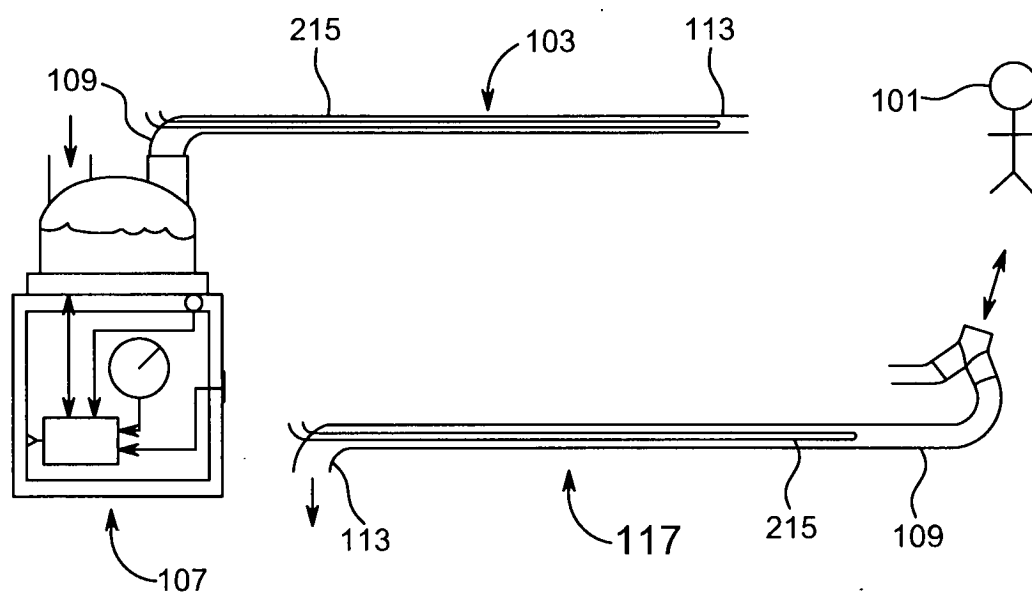


FIG. 16

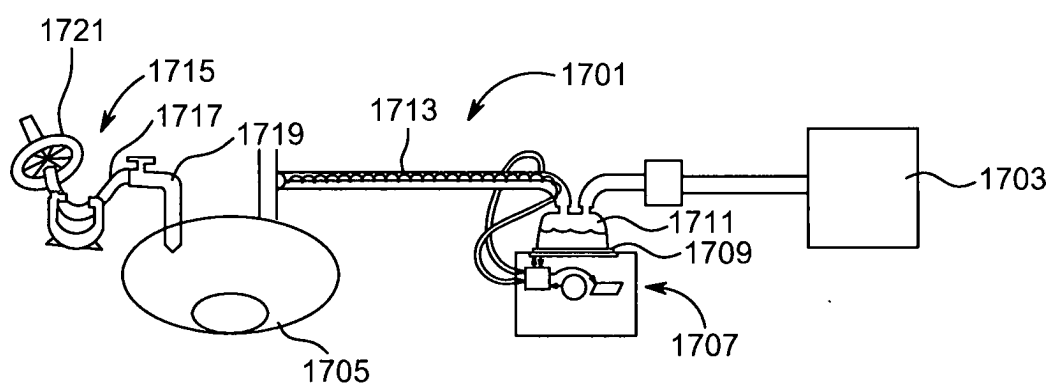


FIG. 17

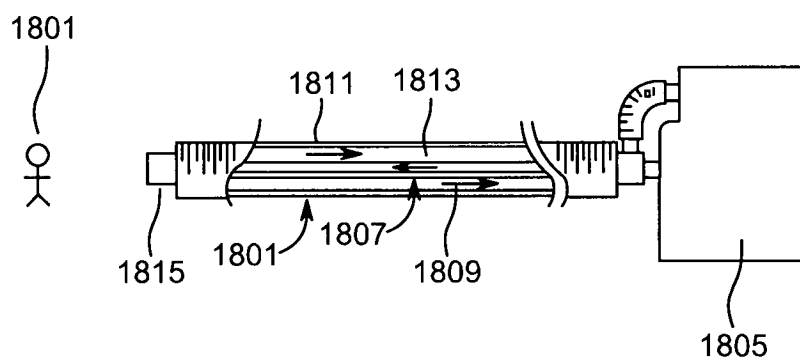


FIG. 18

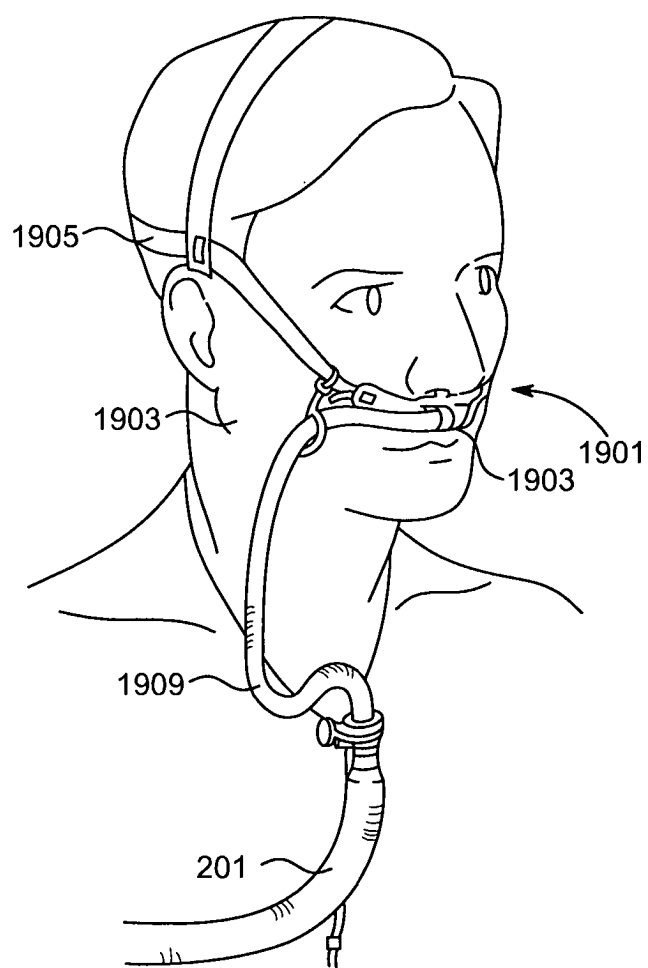


FIG. 19A

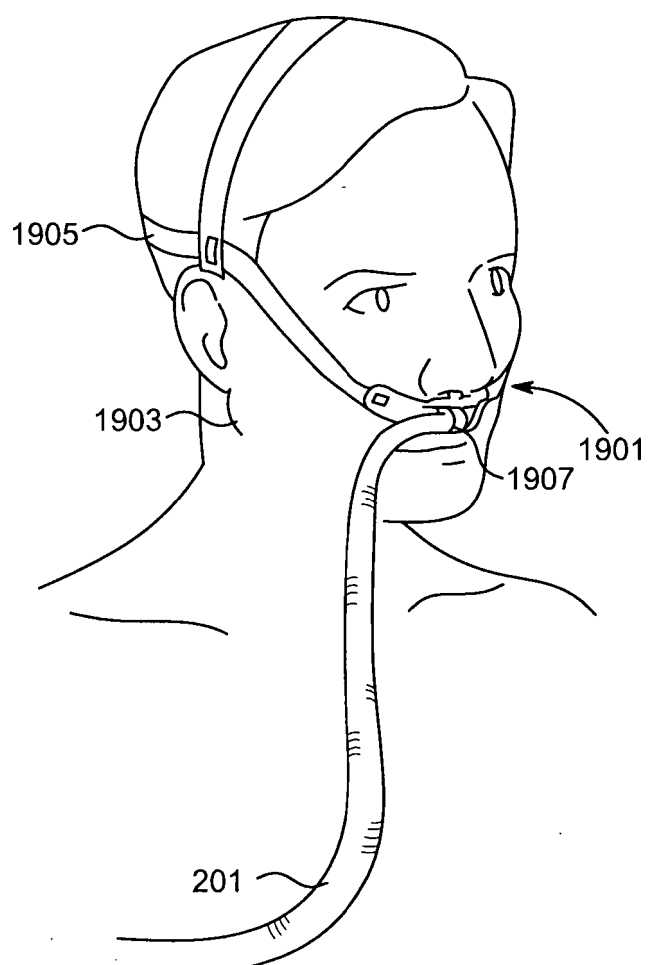


FIG. 19B

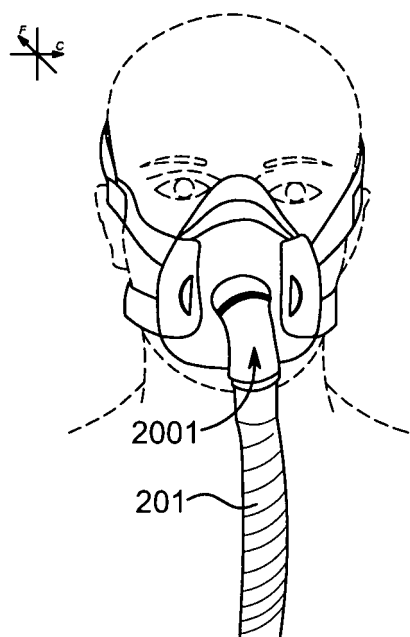


FIG. 20A

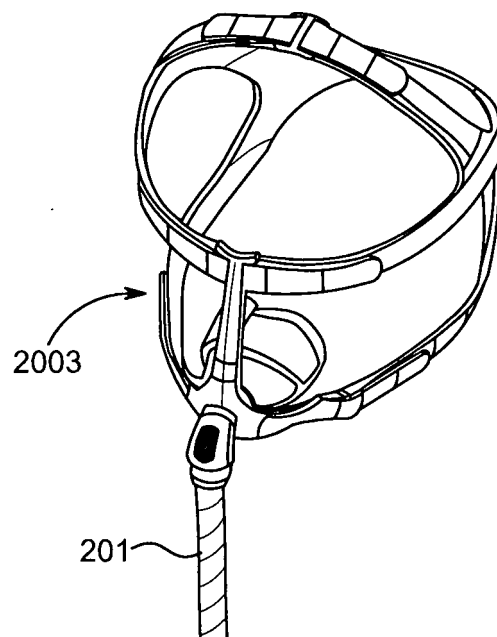


FIG. 20B

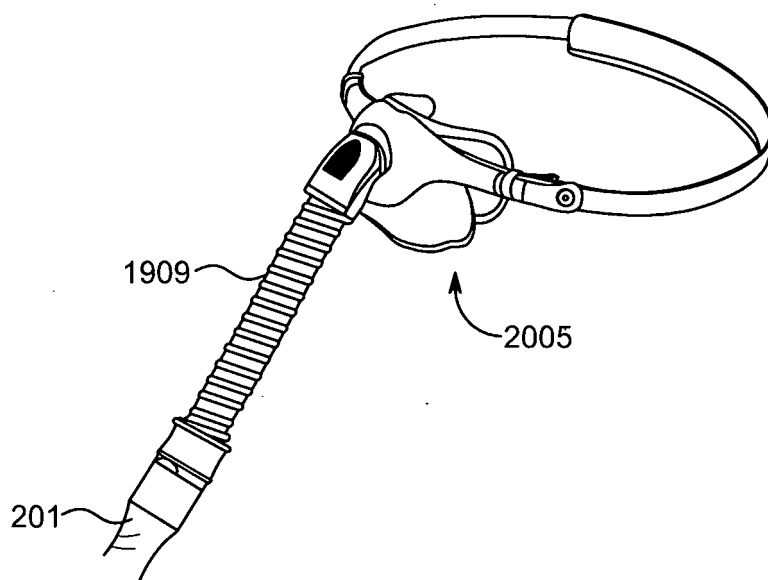


FIG. 20C

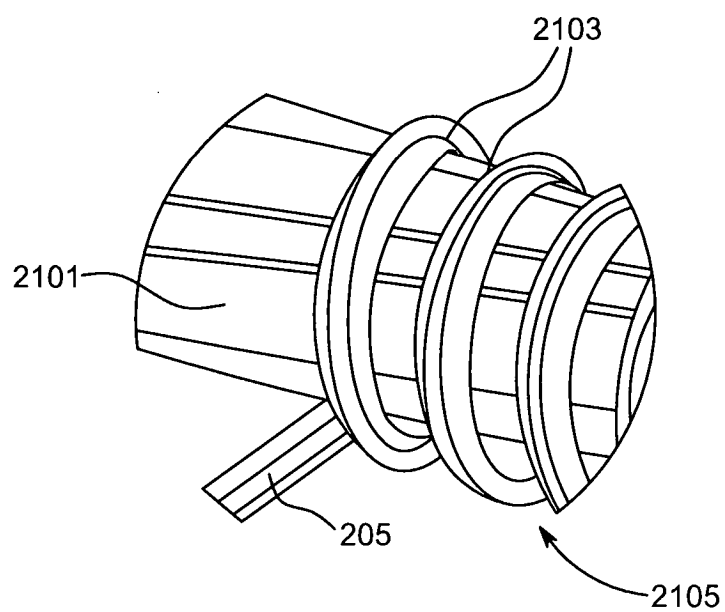


FIG. 21A

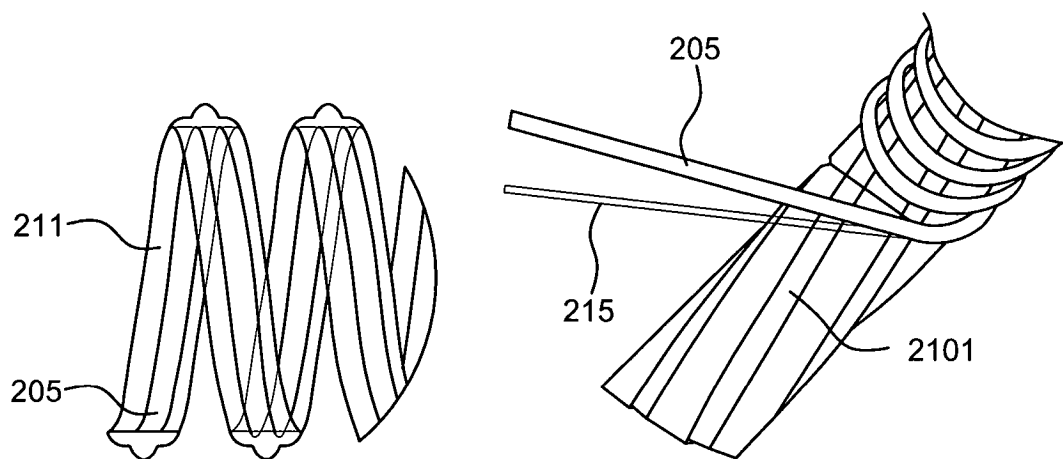


FIG. 21B

FIG. 21C

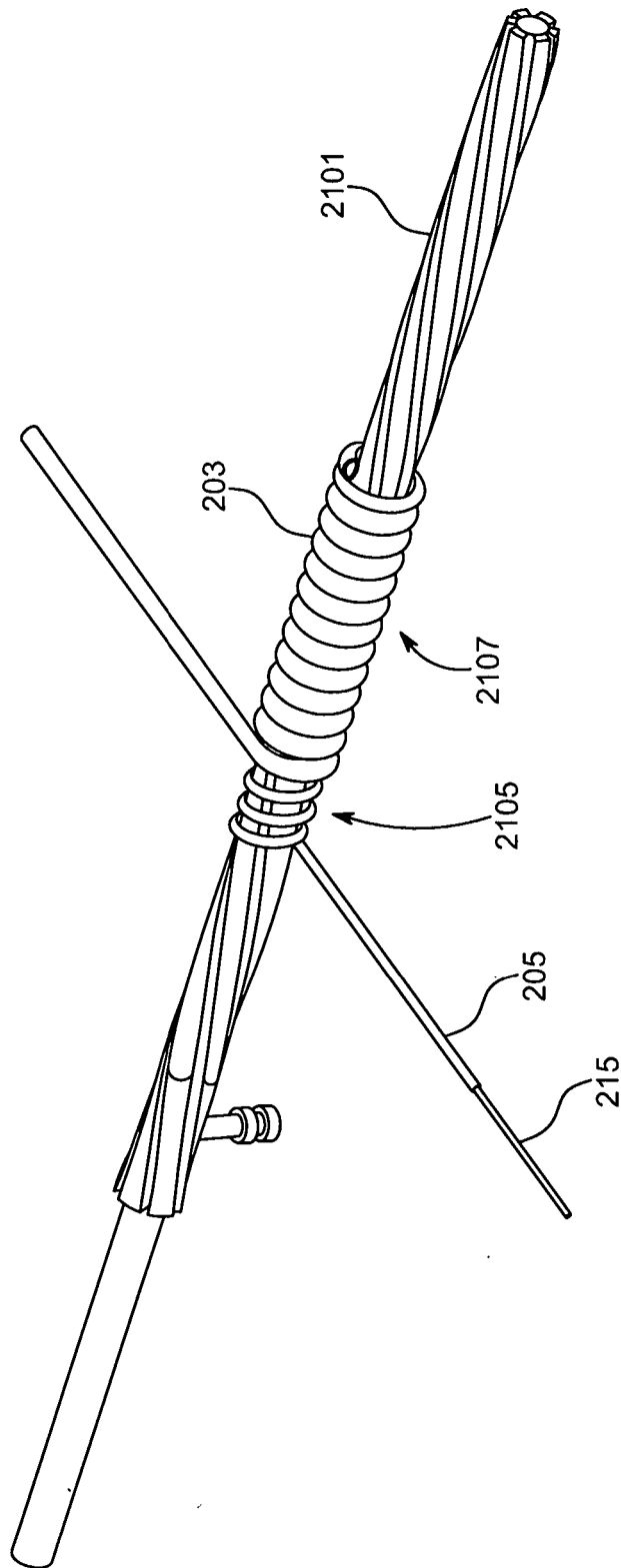


FIG. 21D

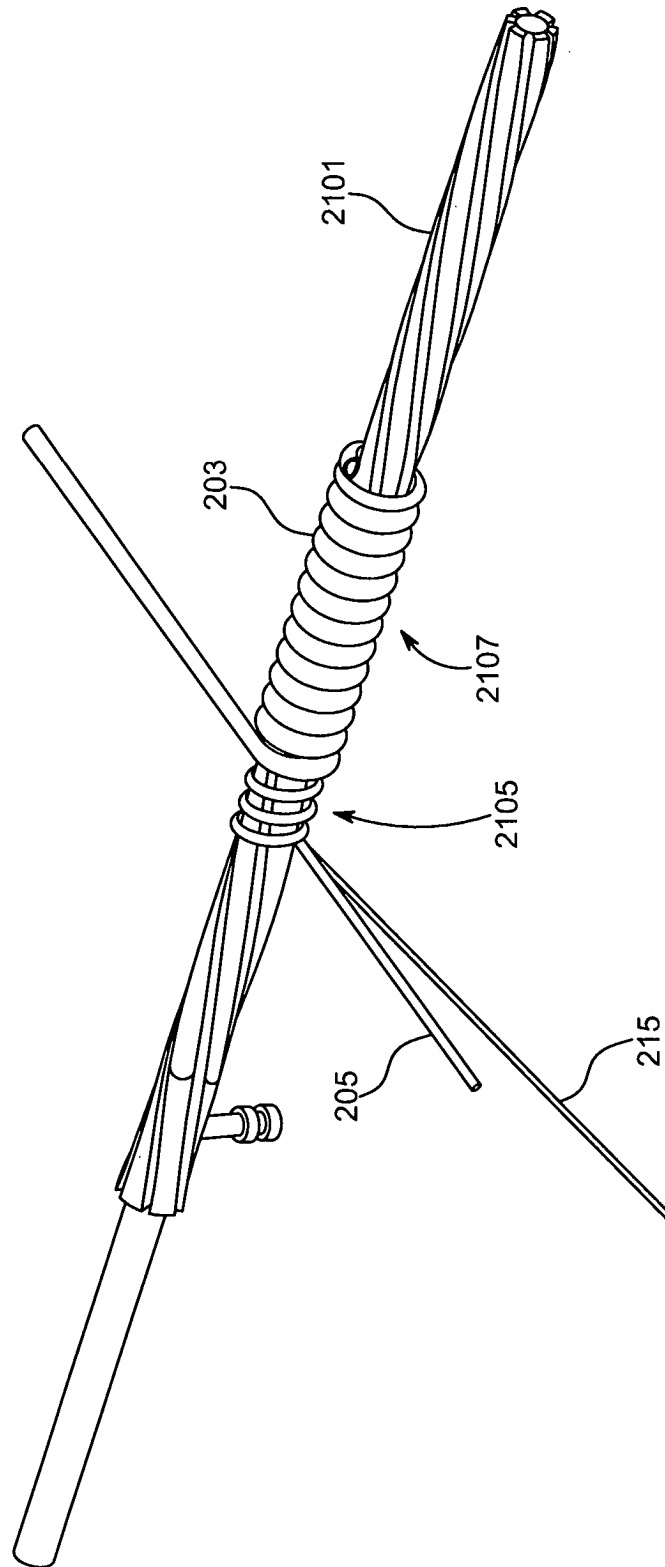


FIG. 21E

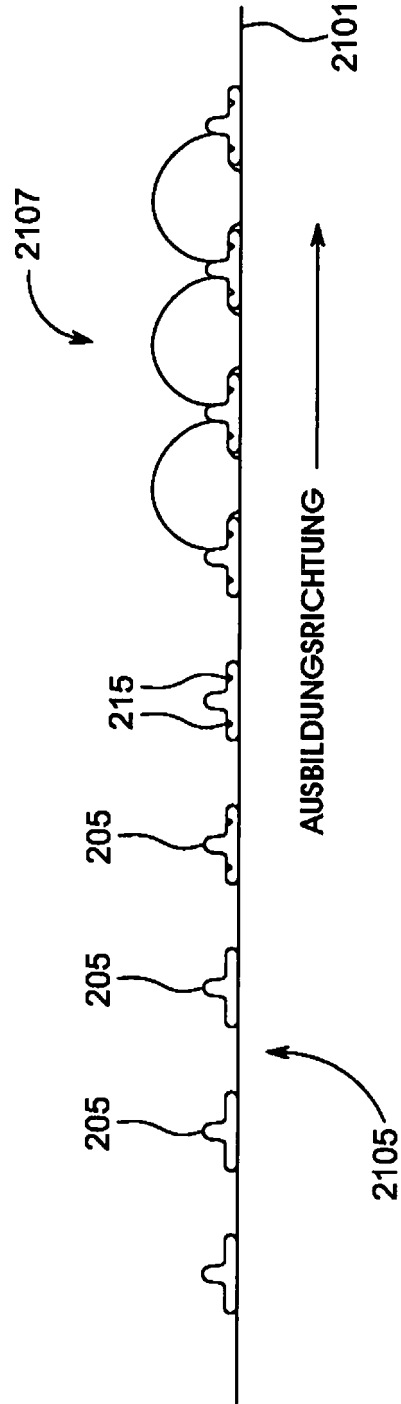


FIG. 21F

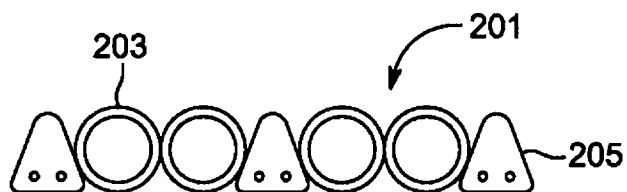


FIG. 22A

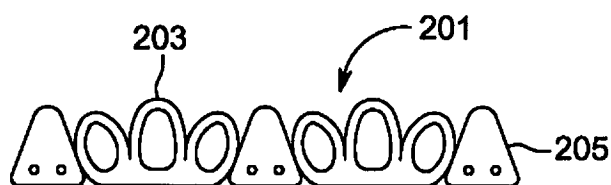


FIG. 22B

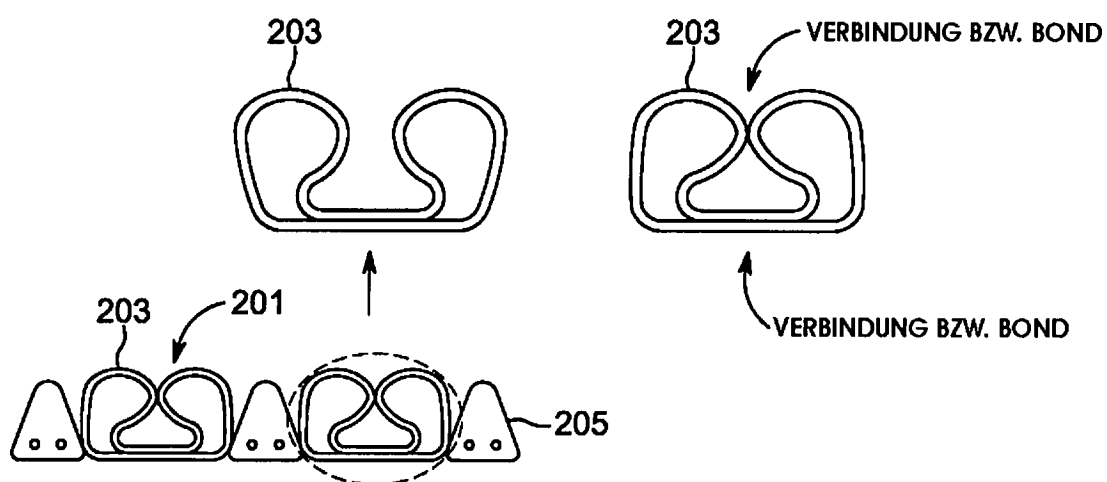


FIG. 22C

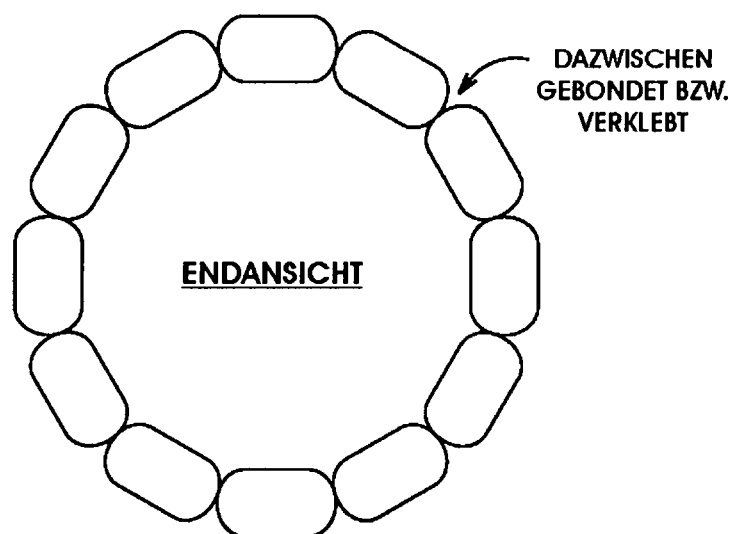


FIG. 23A

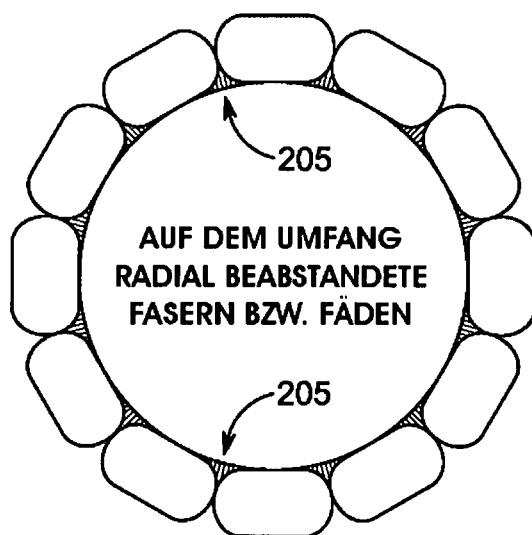


FIG. 23B

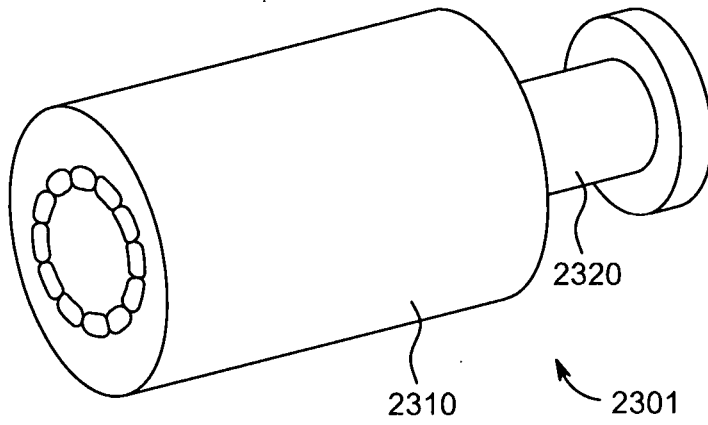


FIG. 23C

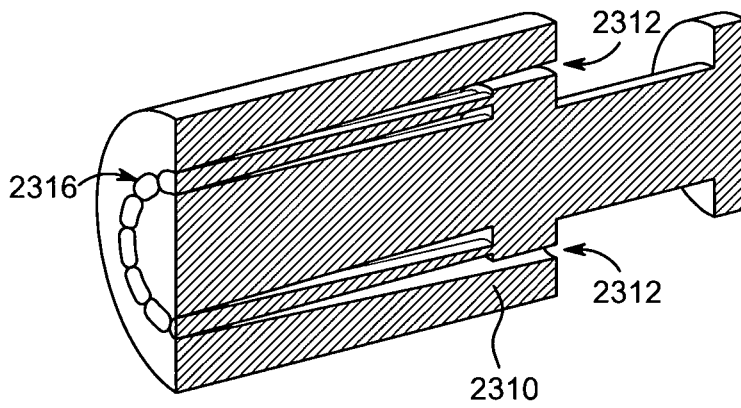


FIG. 23D

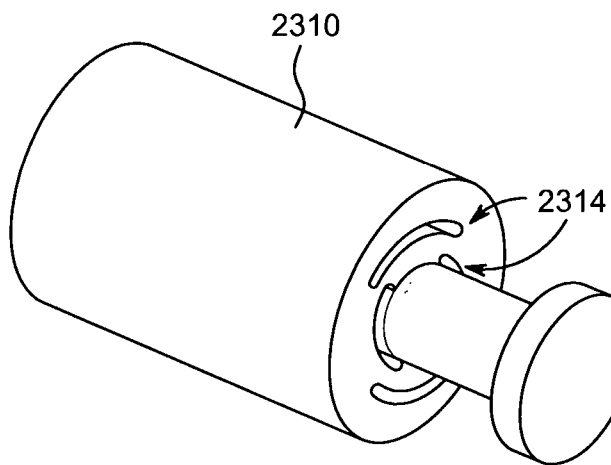


FIG. 23E

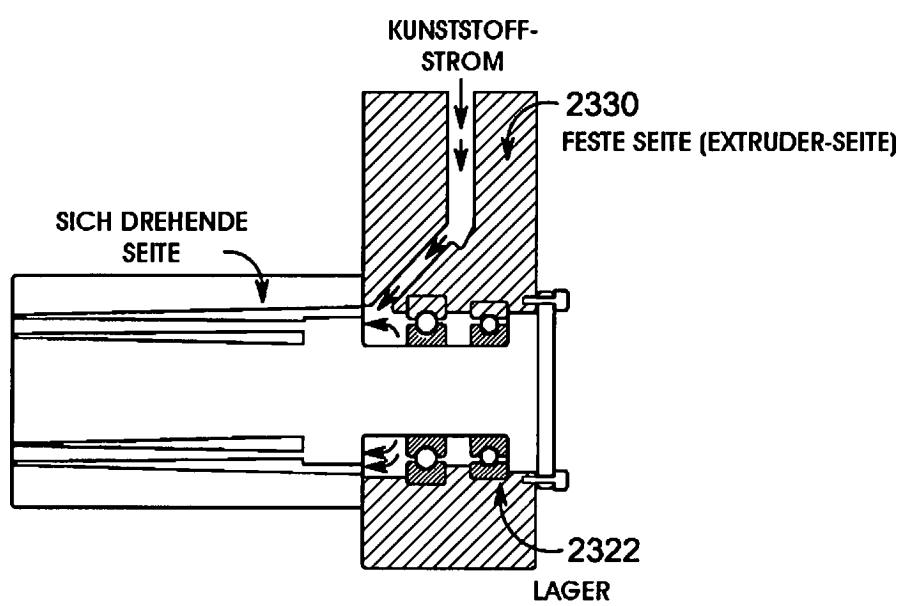


FIG. 23F

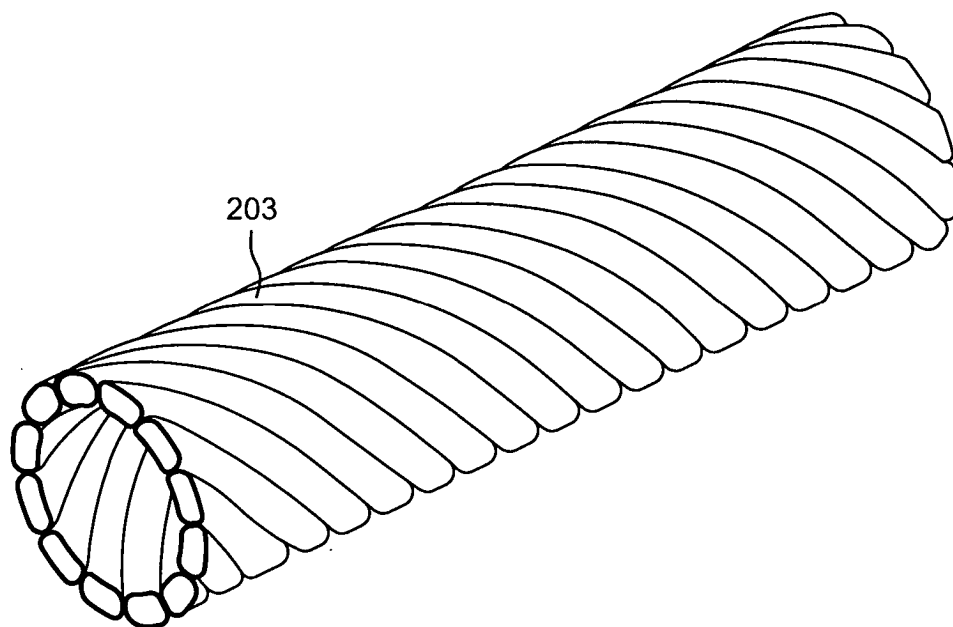


FIG. 23G

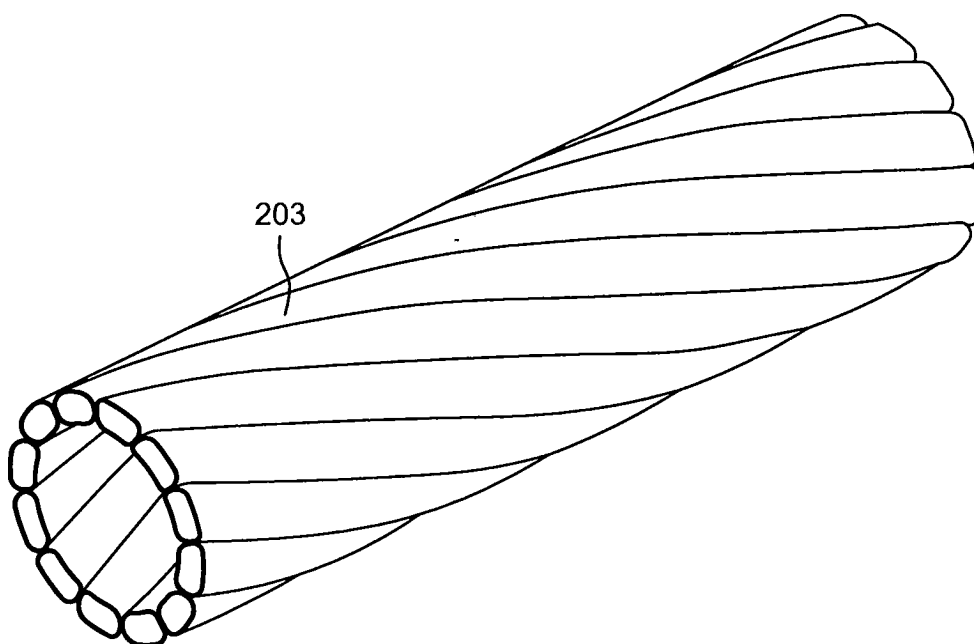


FIG. 23H

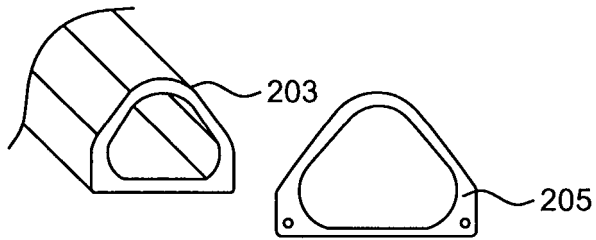


FIG. 24A

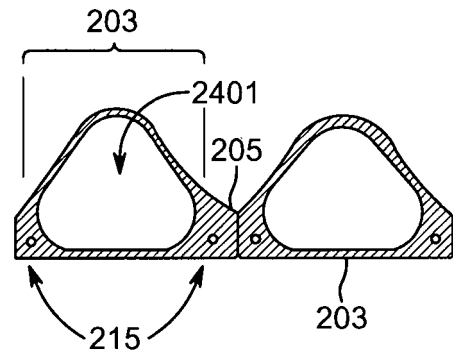


FIG. 24B

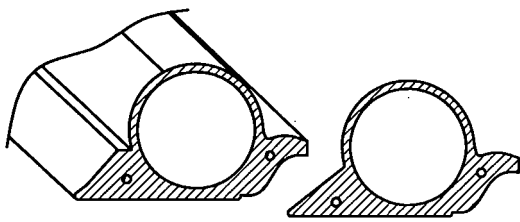


FIG. 24C

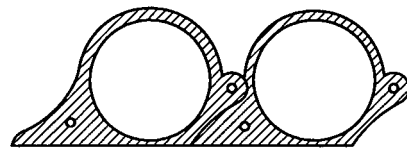


FIG. 24D

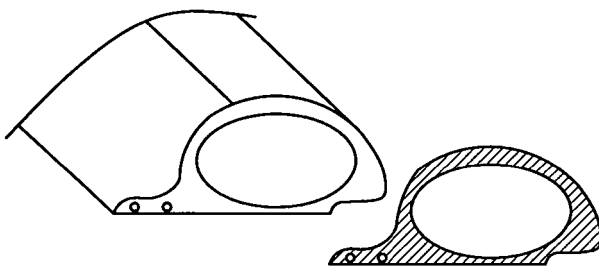


FIG. 24E

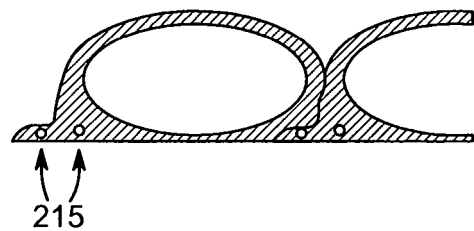


FIG. 24F

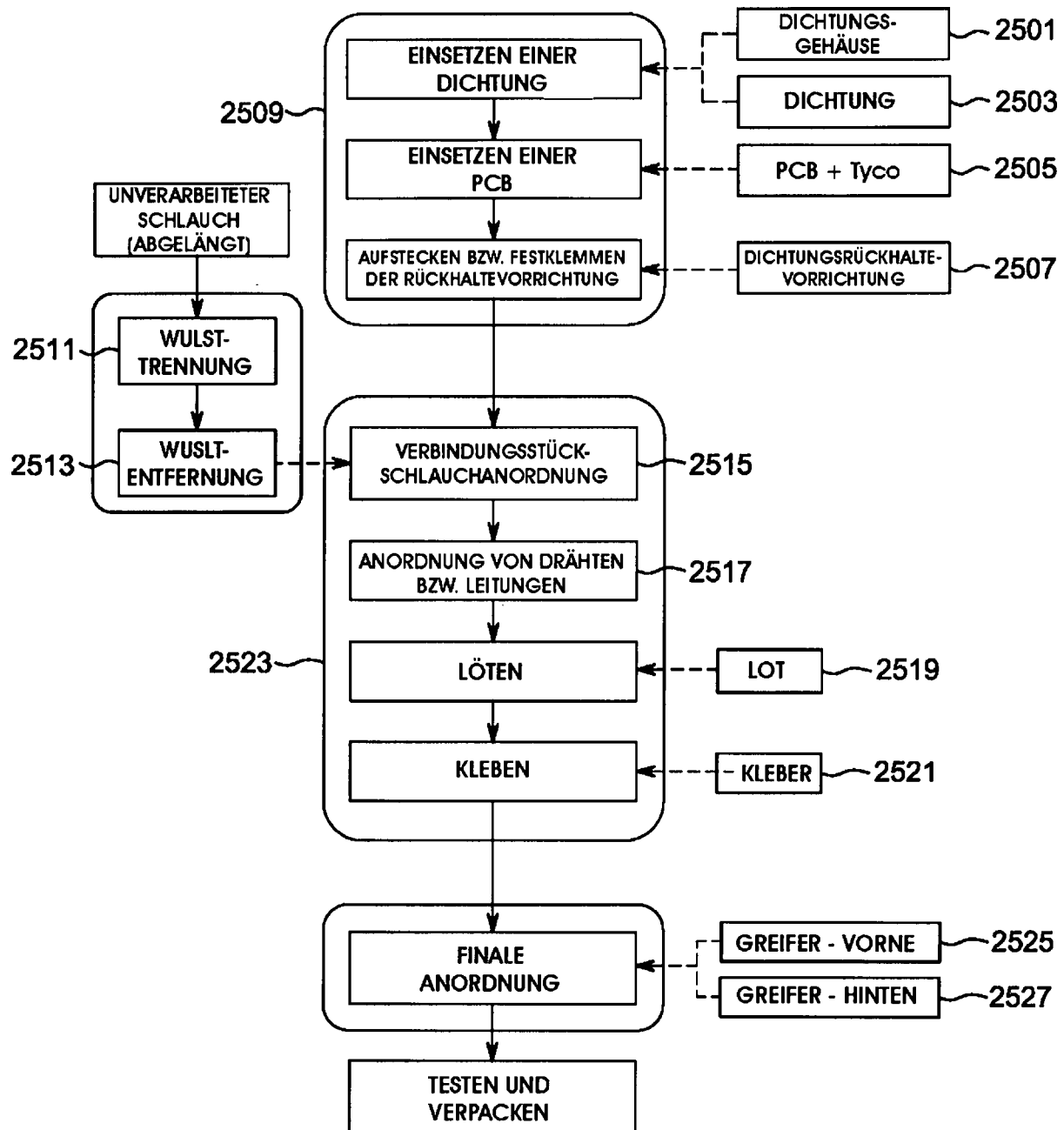


FIG. 25A

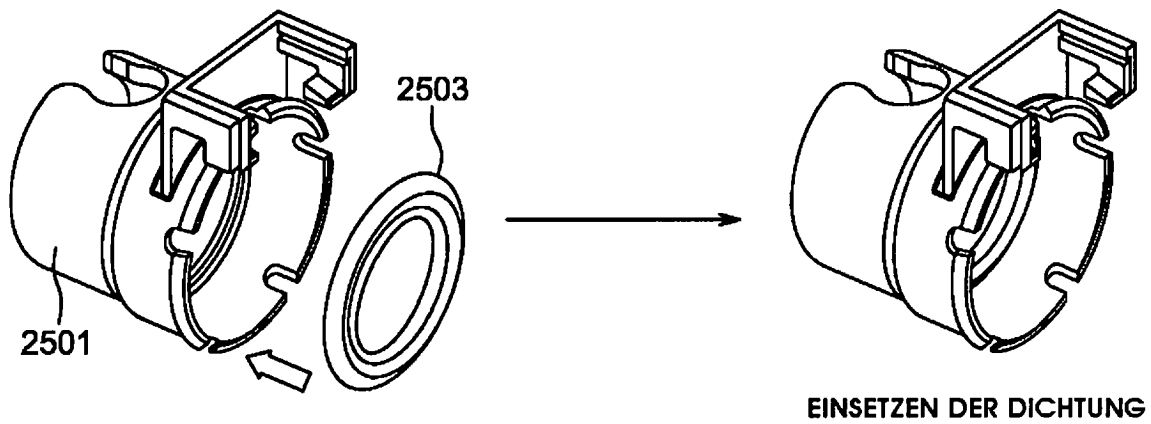


FIG. 25B

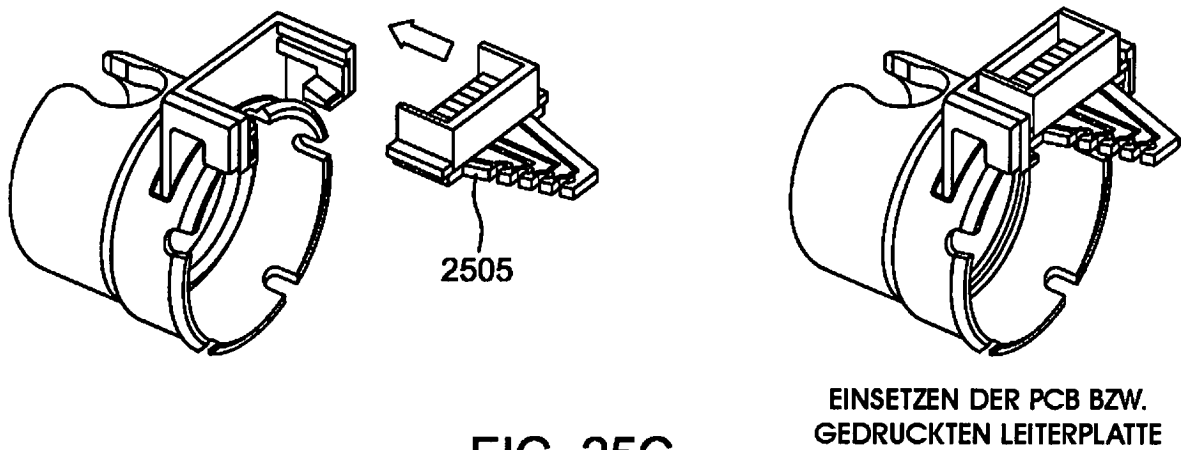


FIG. 25C

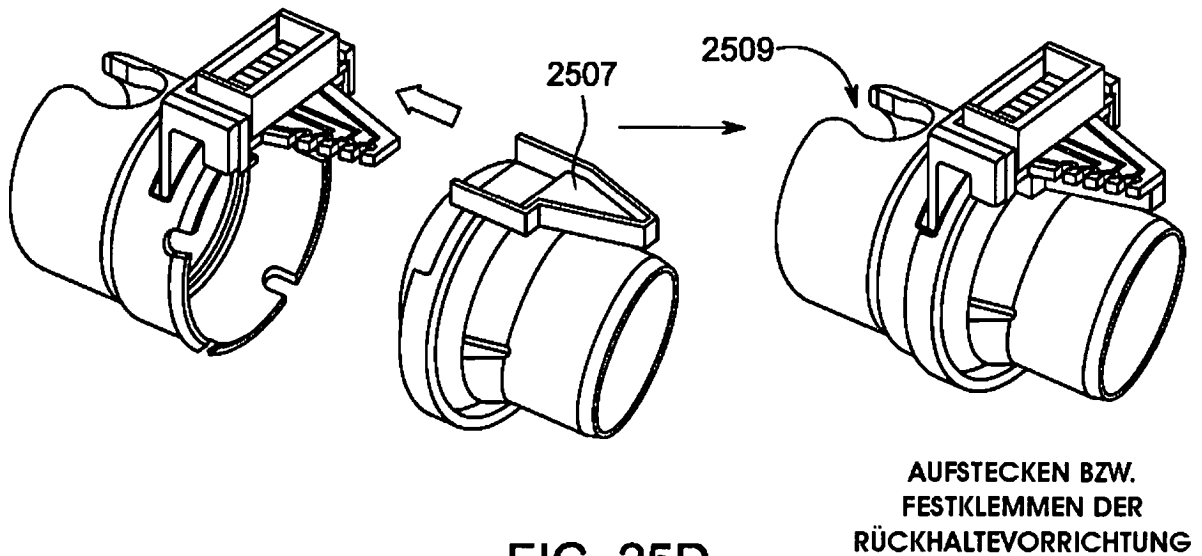


FIG. 25D

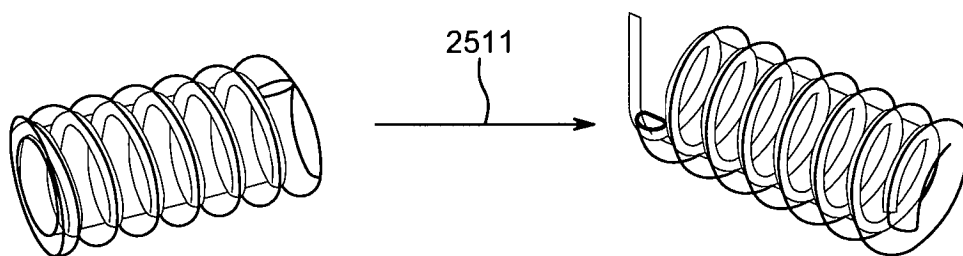


FIG. 25E

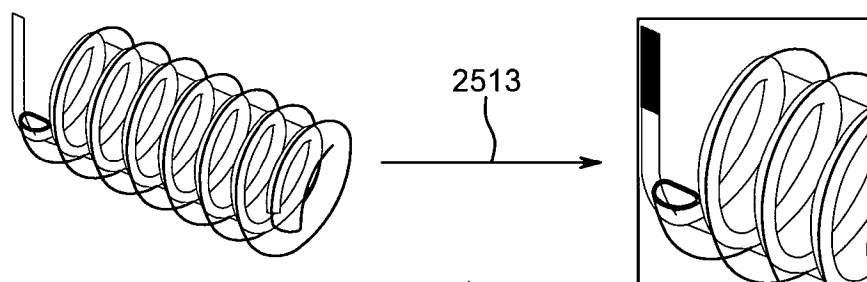


FIG. 25F

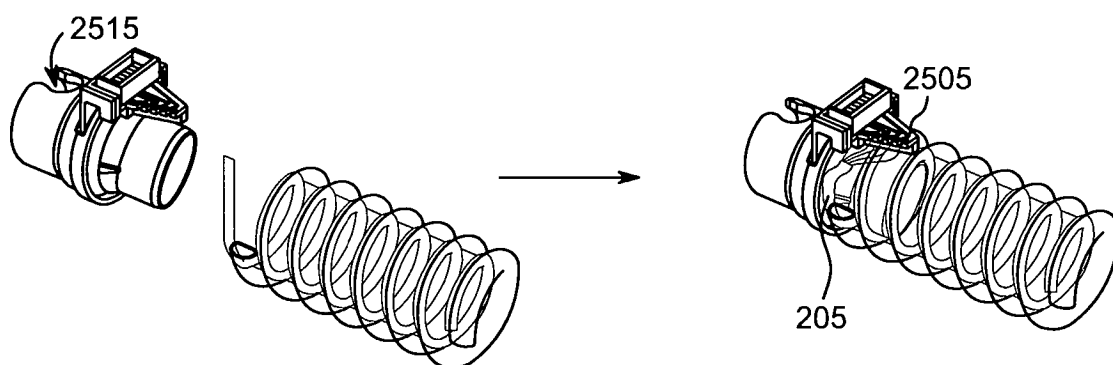


FIG. 25G

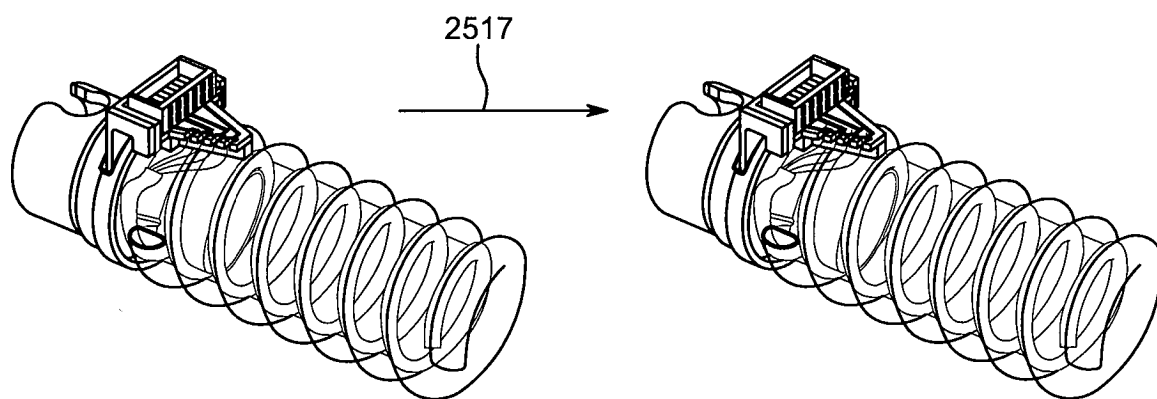


FIG. 25H

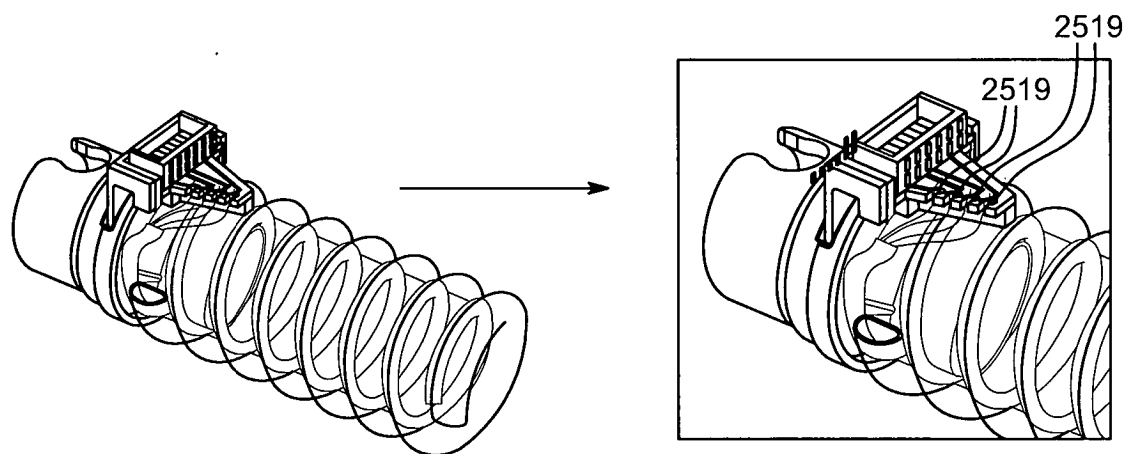


FIG. 25I

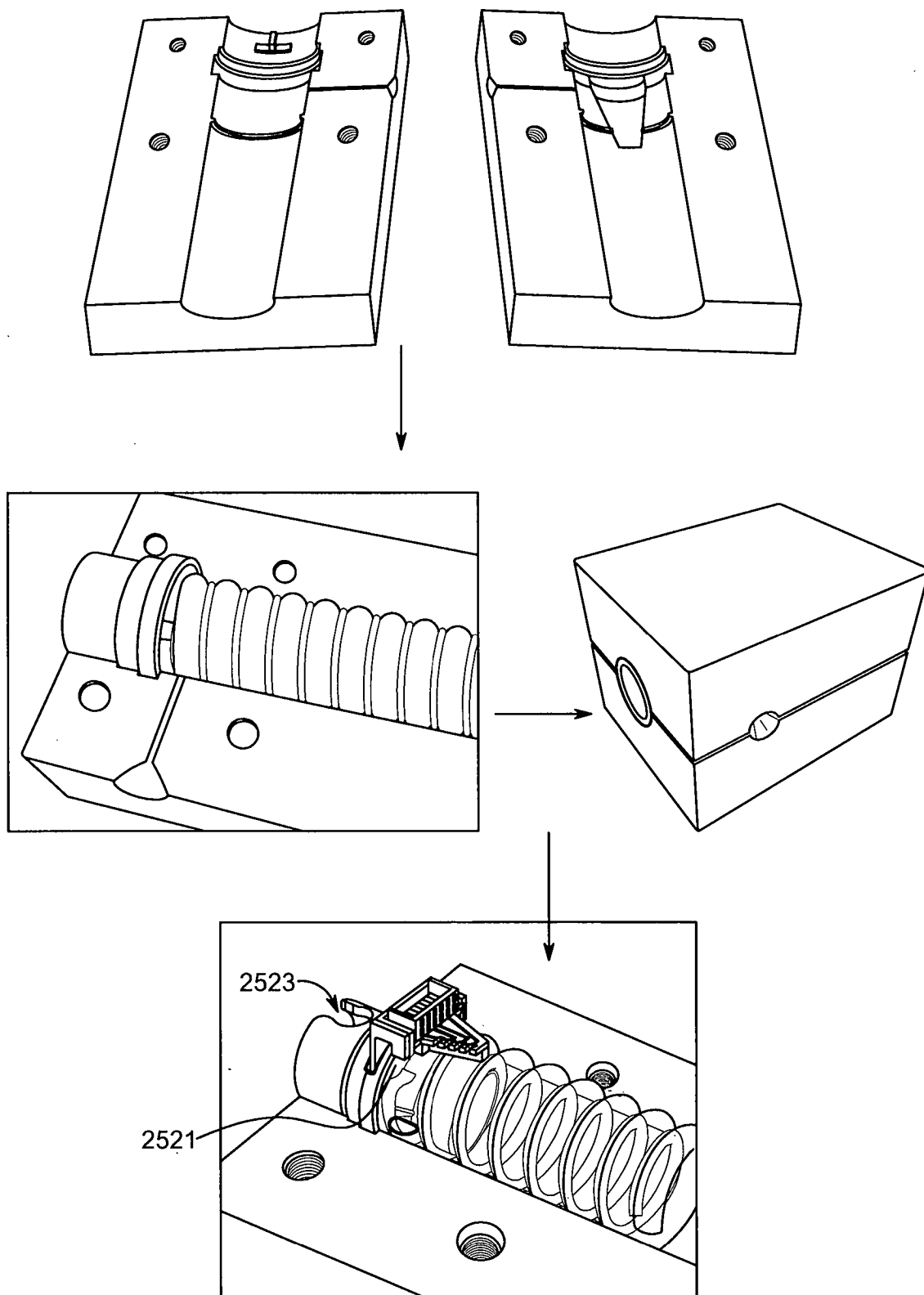


FIG. 25J

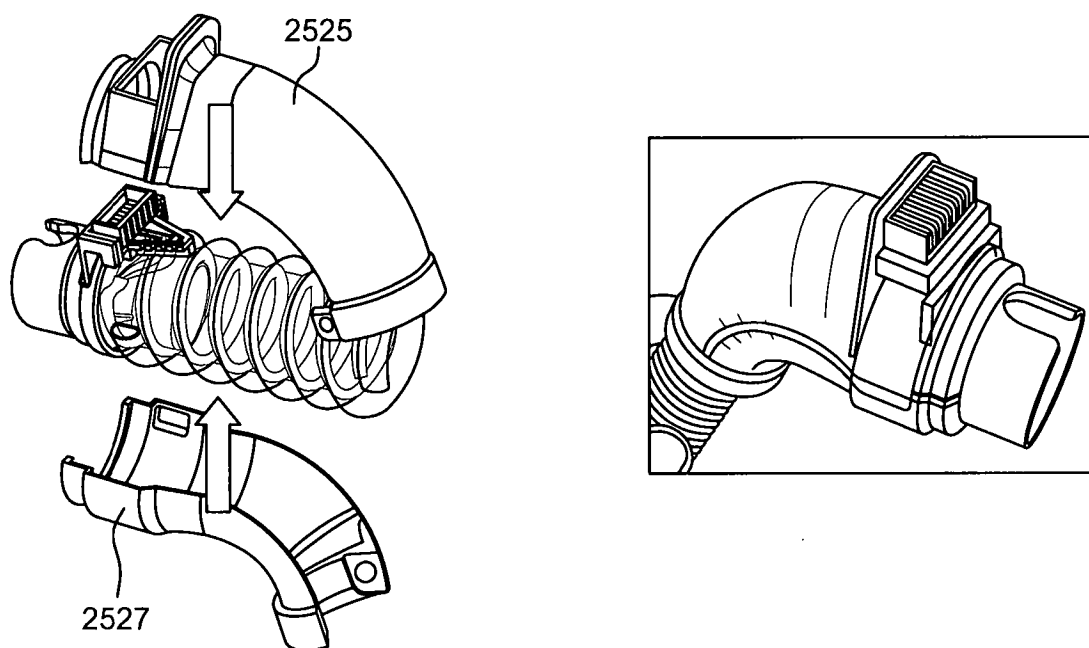


FIG. 25K

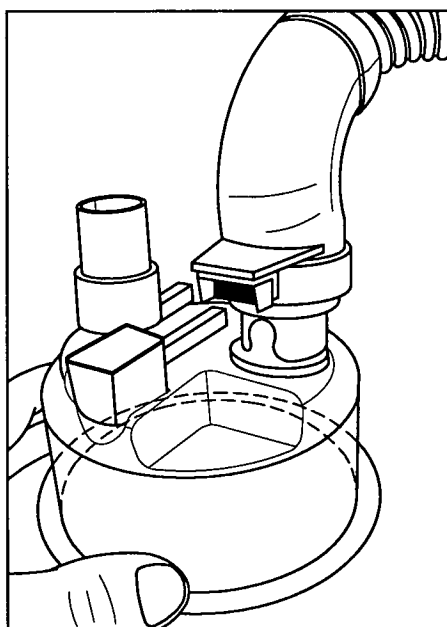


FIG. 25L

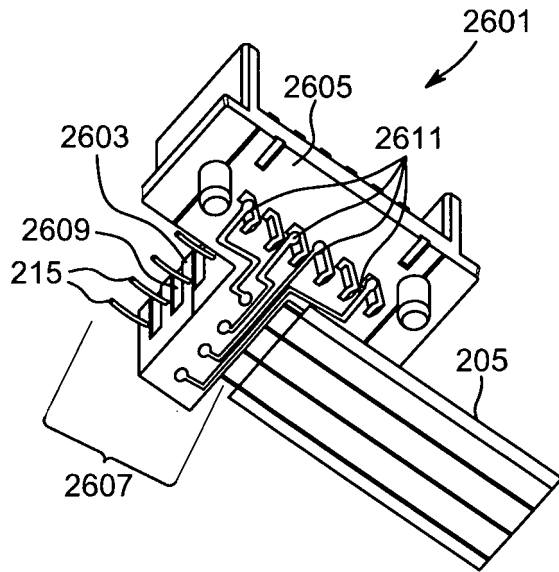


FIG. 26A

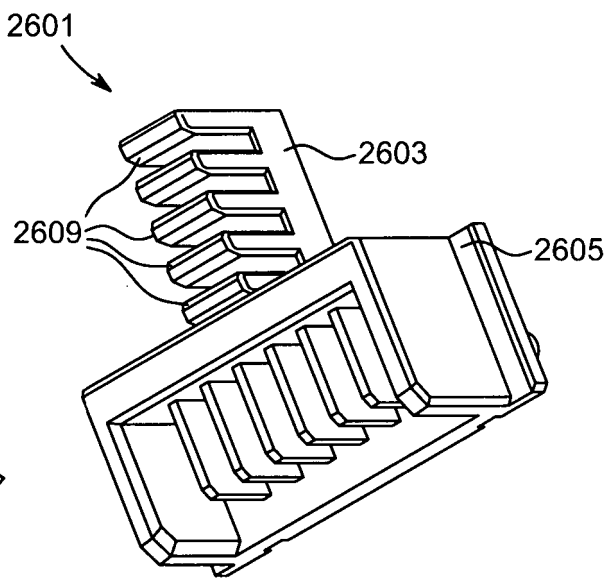


FIG. 26B

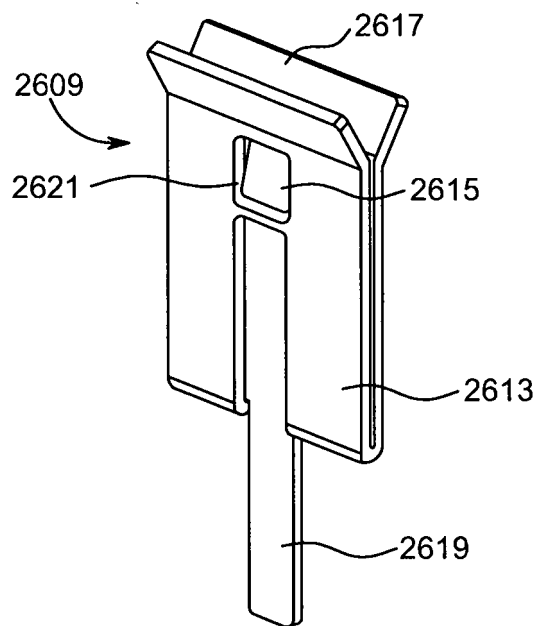


FIG. 26C

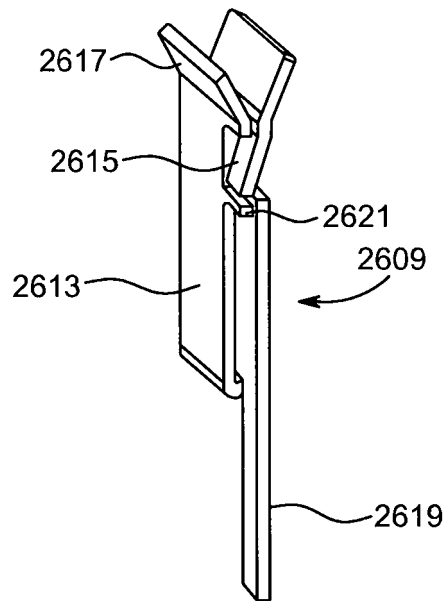


FIG. 26D

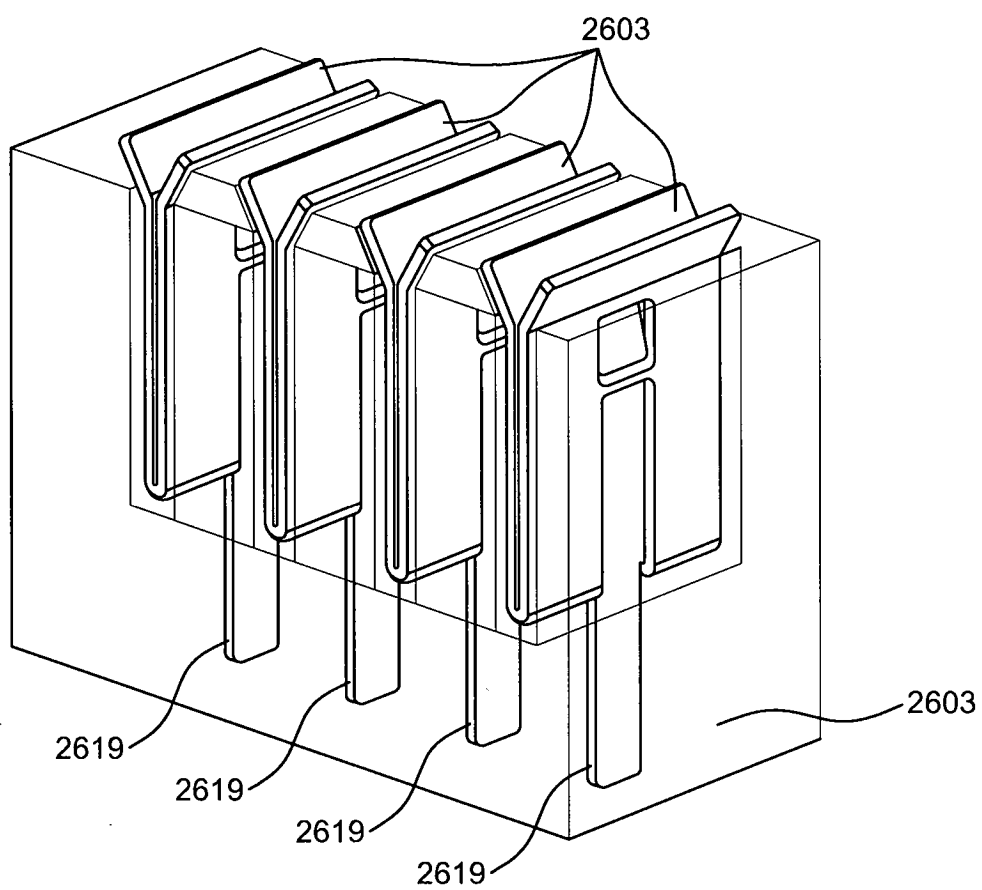


FIG. 26E

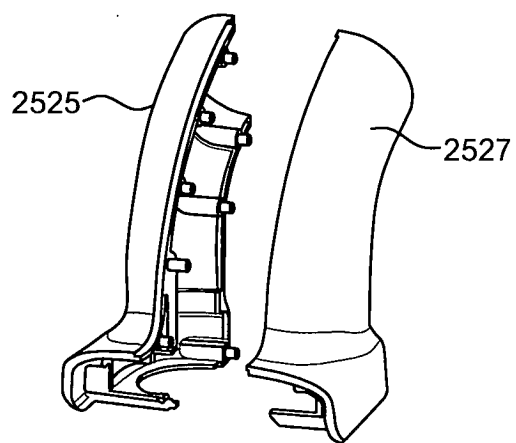


FIG. 27A

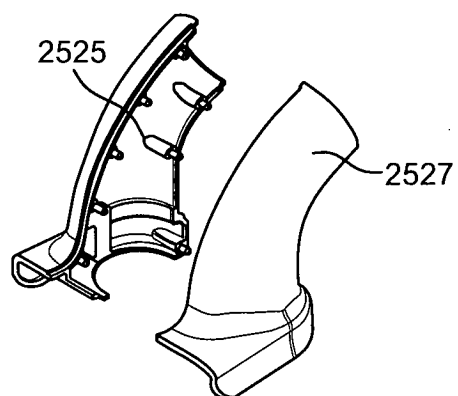


FIG. 27B

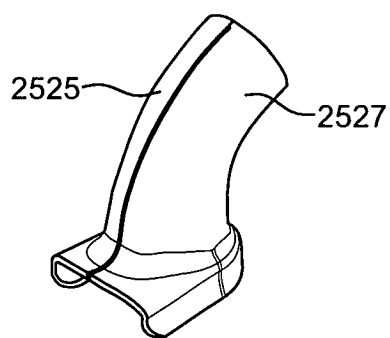


FIG. 27C

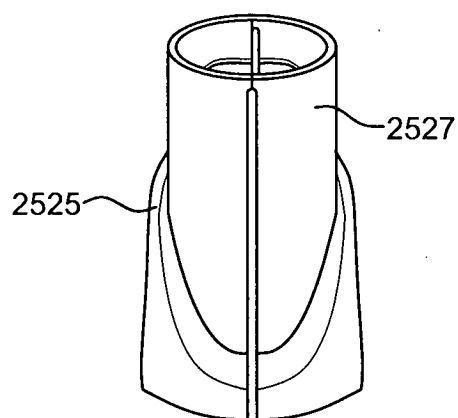


FIG. 27D

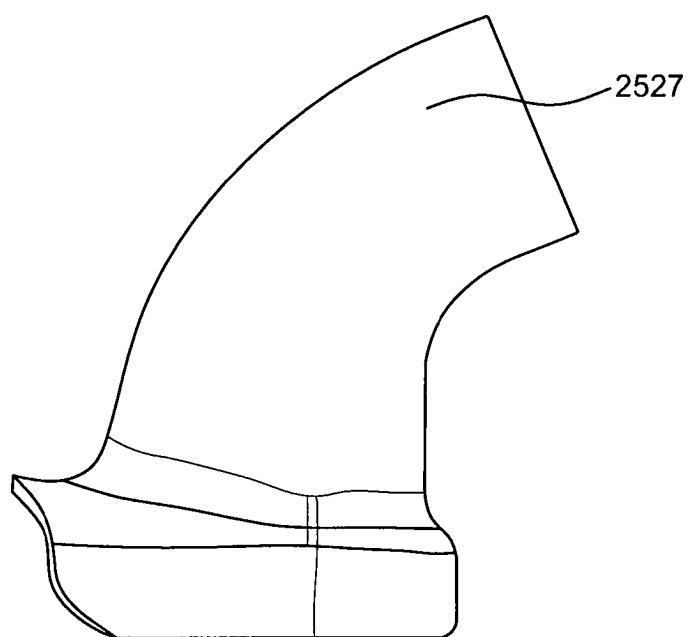


FIG. 27E

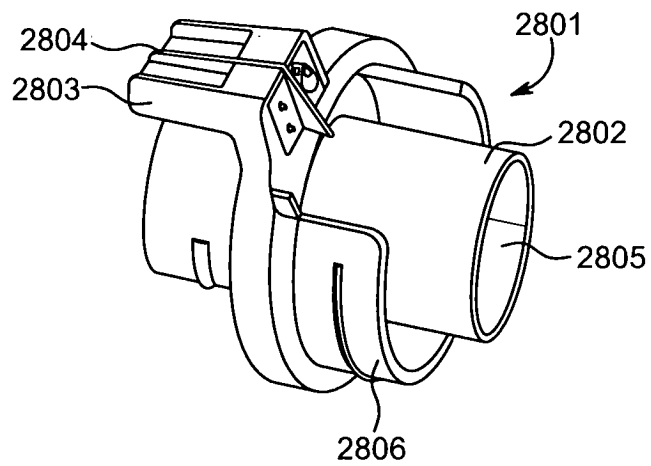


FIG. 28A

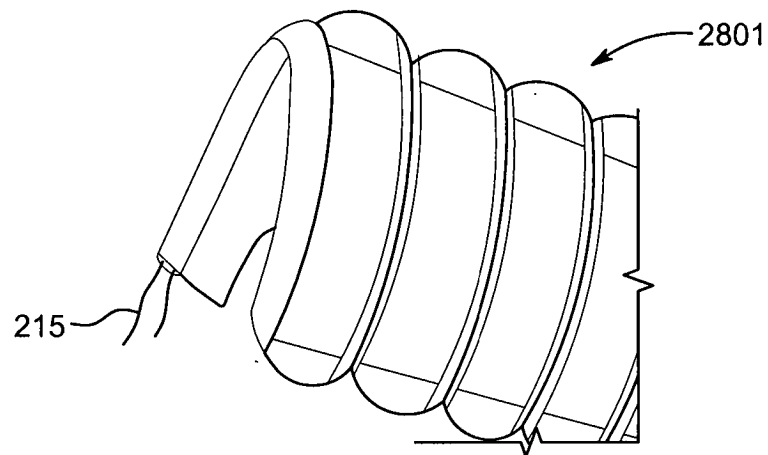


FIG. 28B

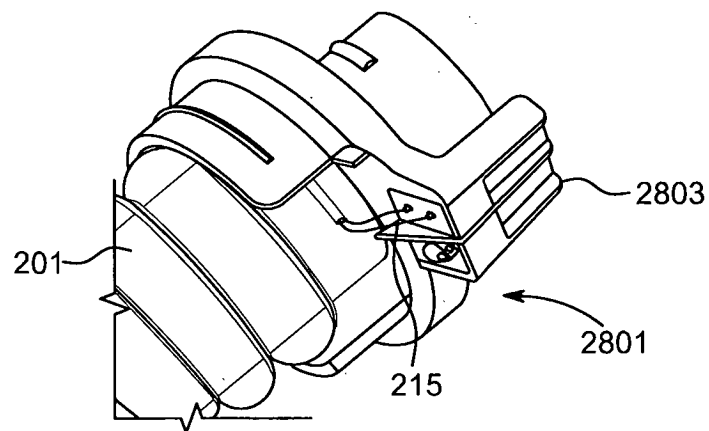


FIG. 28C

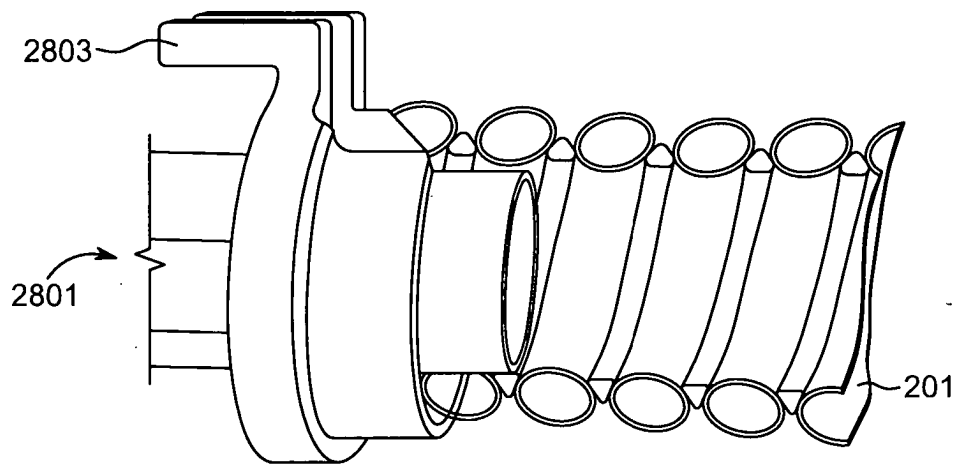


FIG. 28D

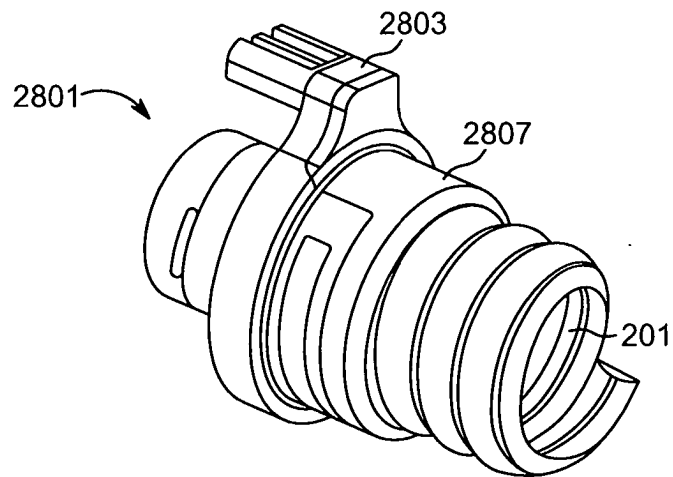


FIG. 28E

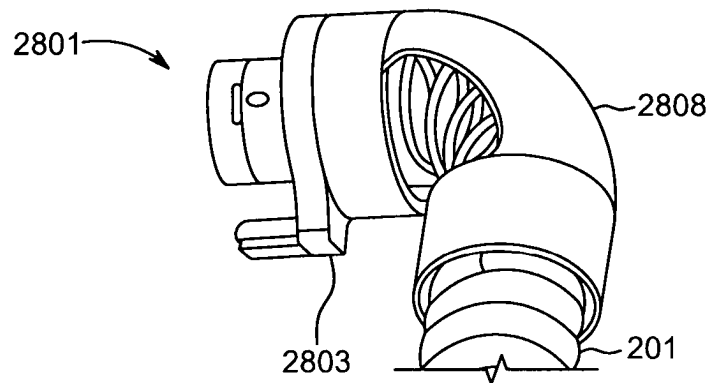


FIG. 28F

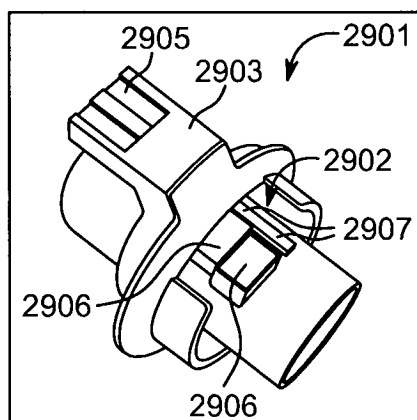


FIG. 29A

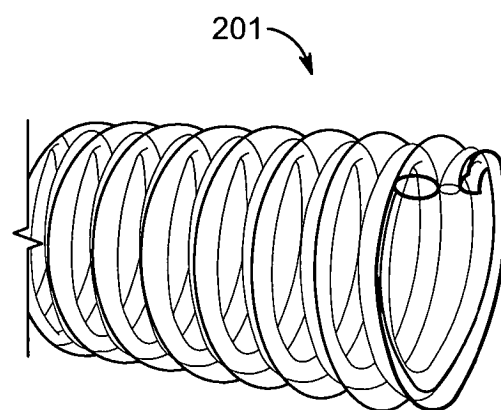


FIG. 29B

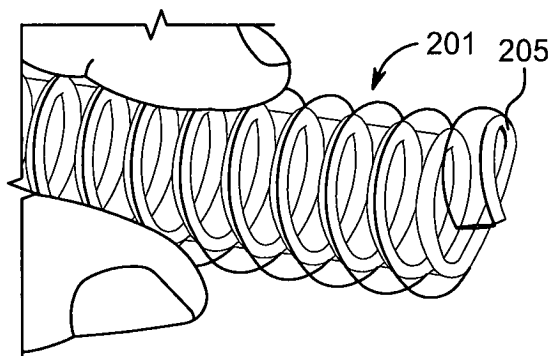


FIG. 29C

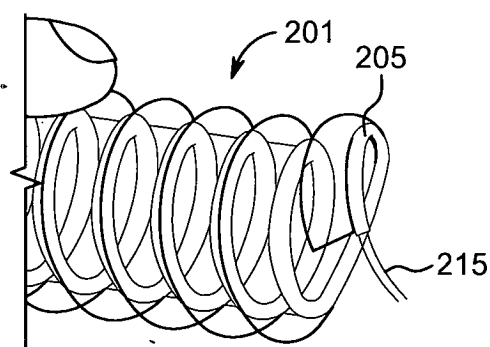


FIG. 29D

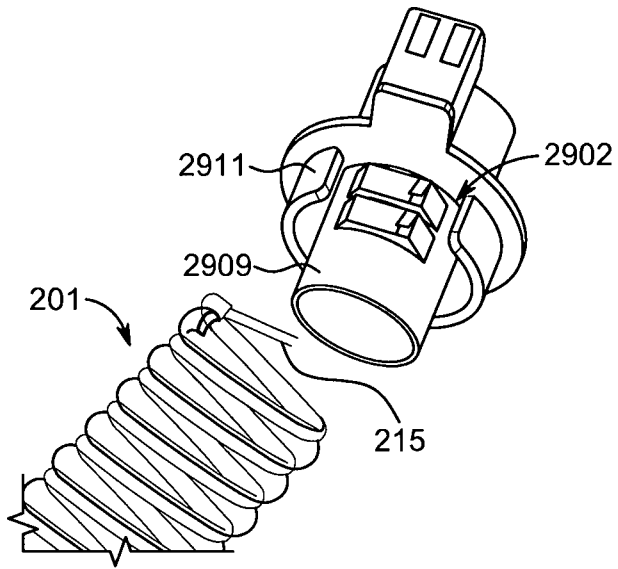


FIG. 29E

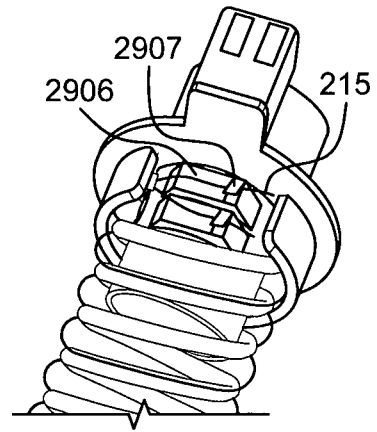


FIG. 29F

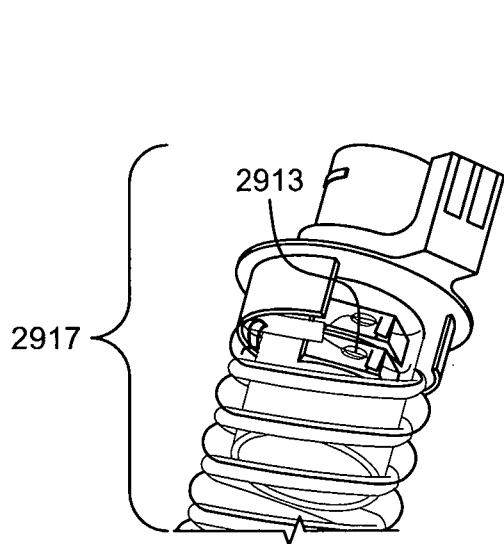


FIG. 29G

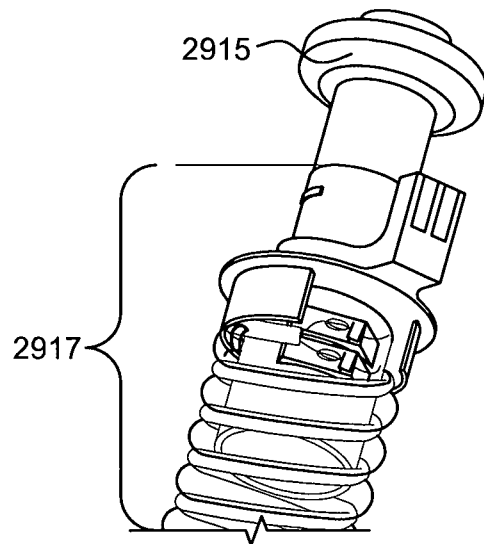
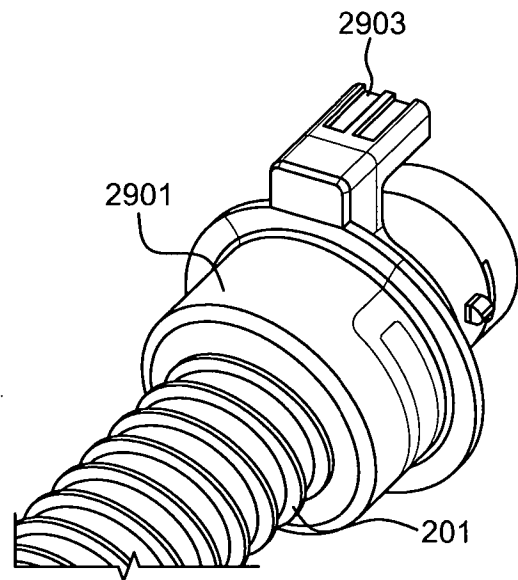
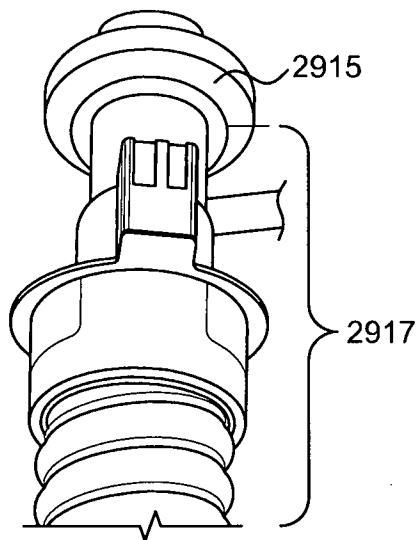
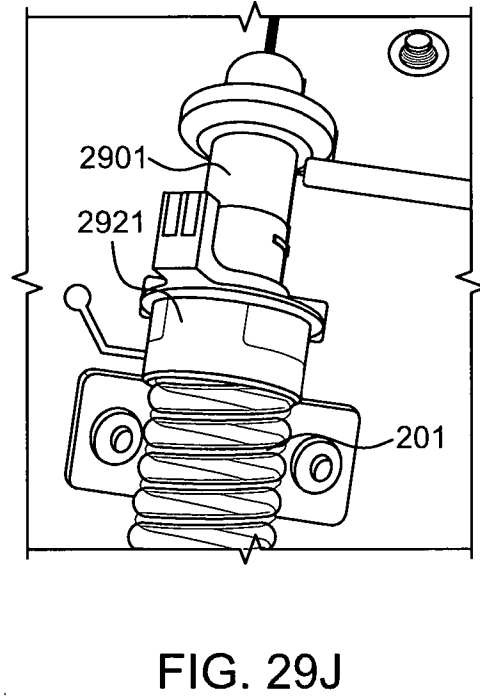
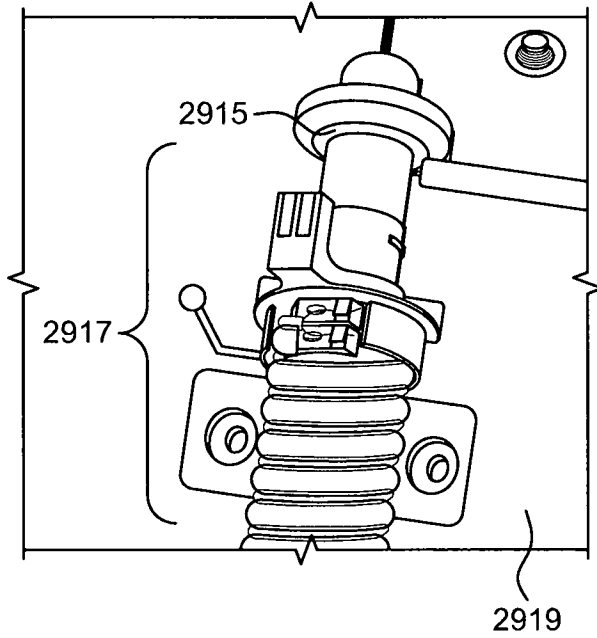


FIG. 29H



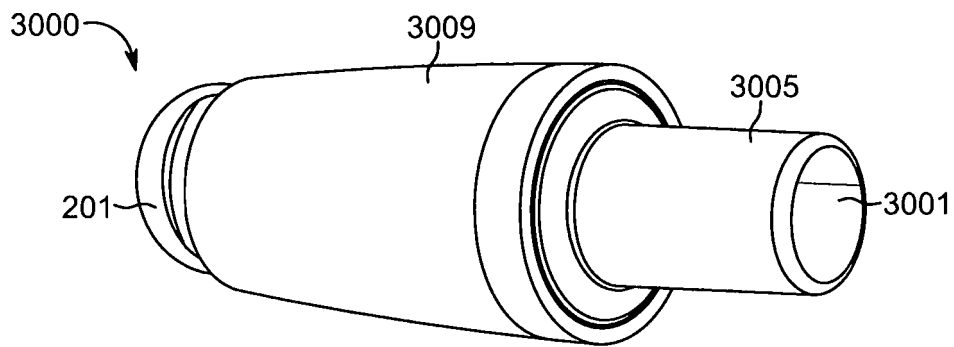


FIG. 30A

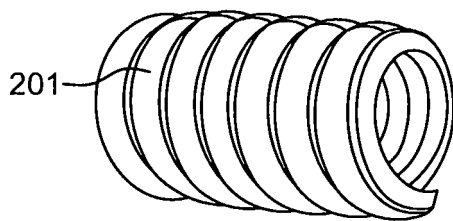


FIG. 30B

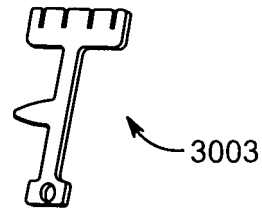


FIG. 30C

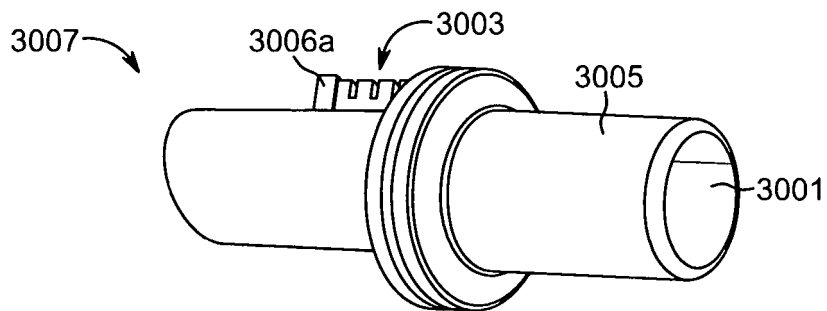


FIG. 30D

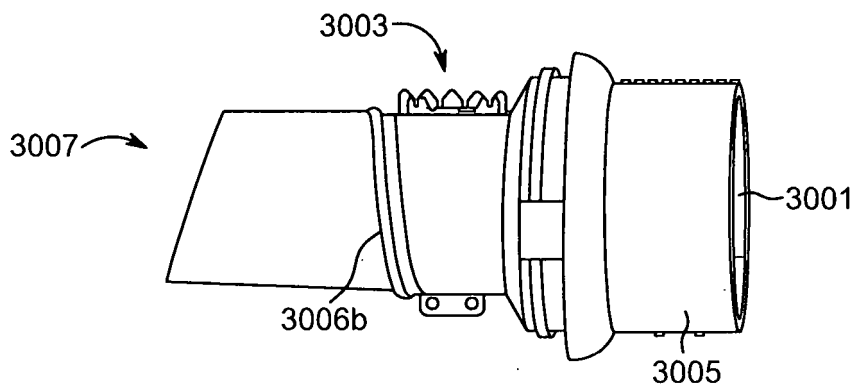


FIG. 30E

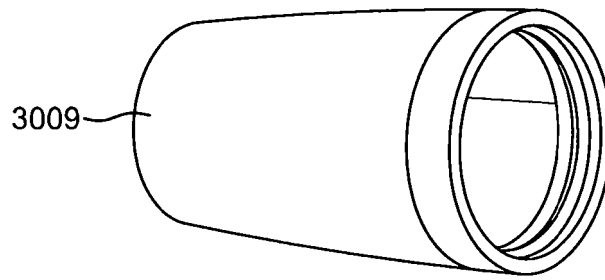


FIG. 30F

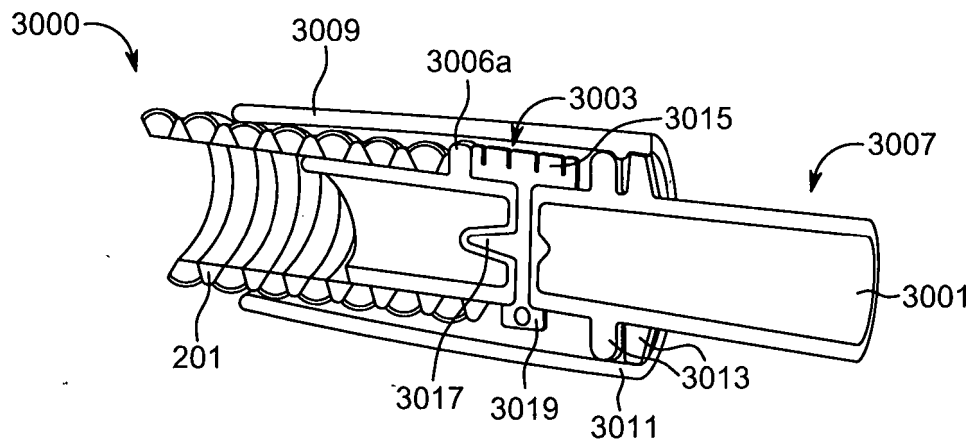


FIG. 30G

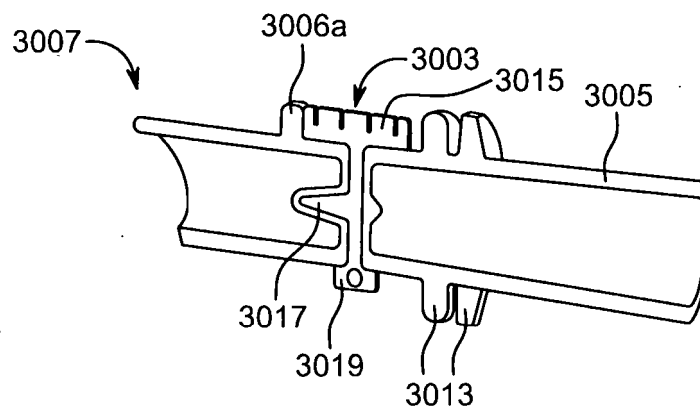


FIG. 30H

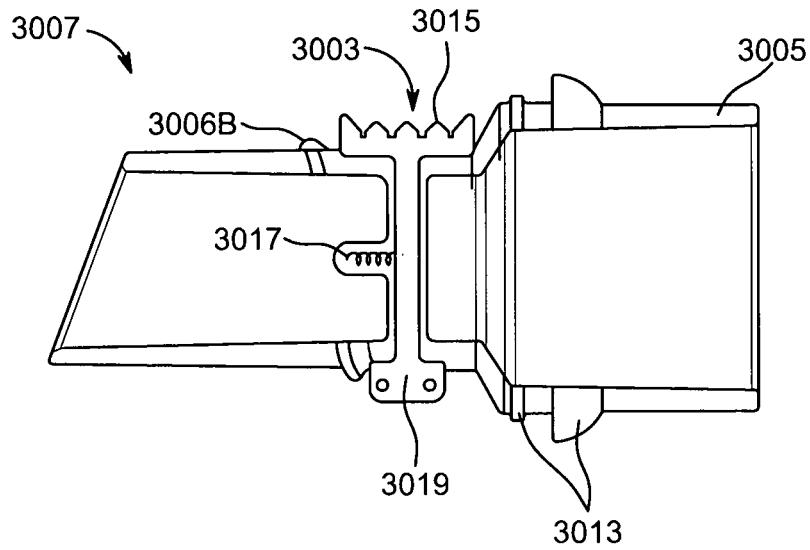


FIG. 30I

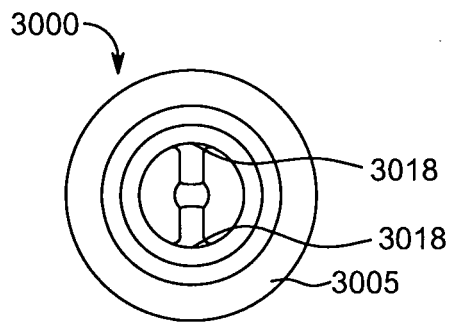


FIG. 30J

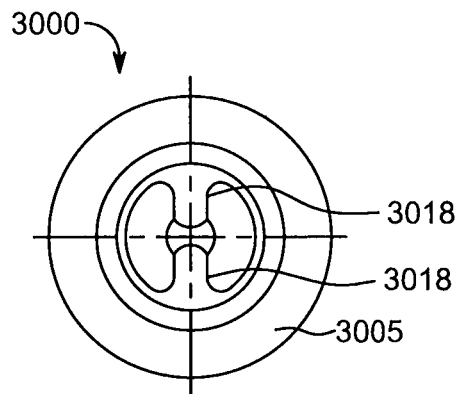


FIG. 30K

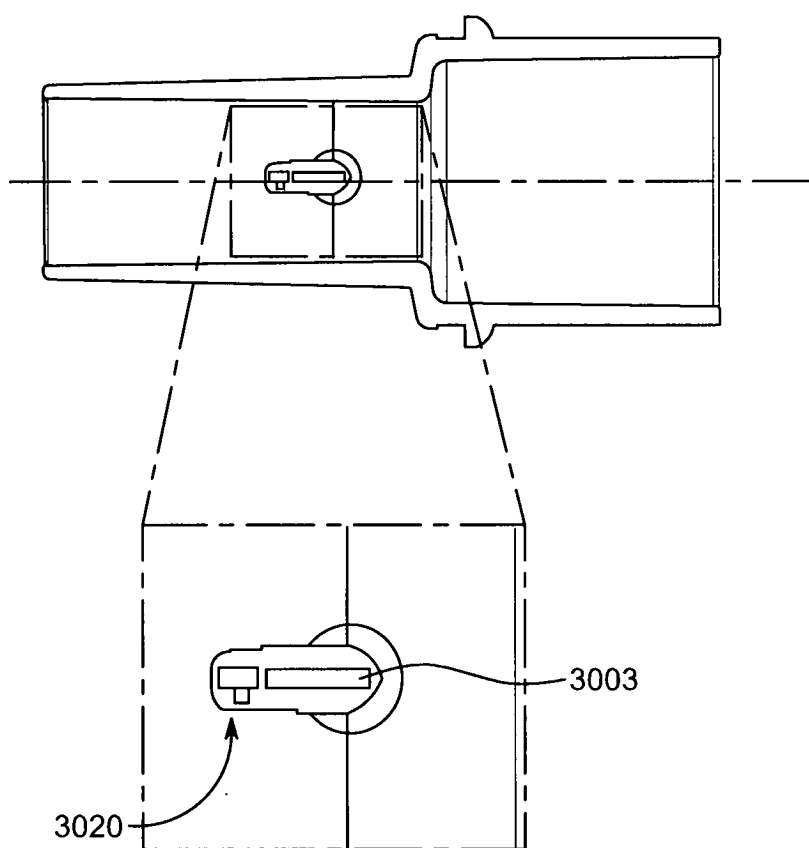


FIG. 30L

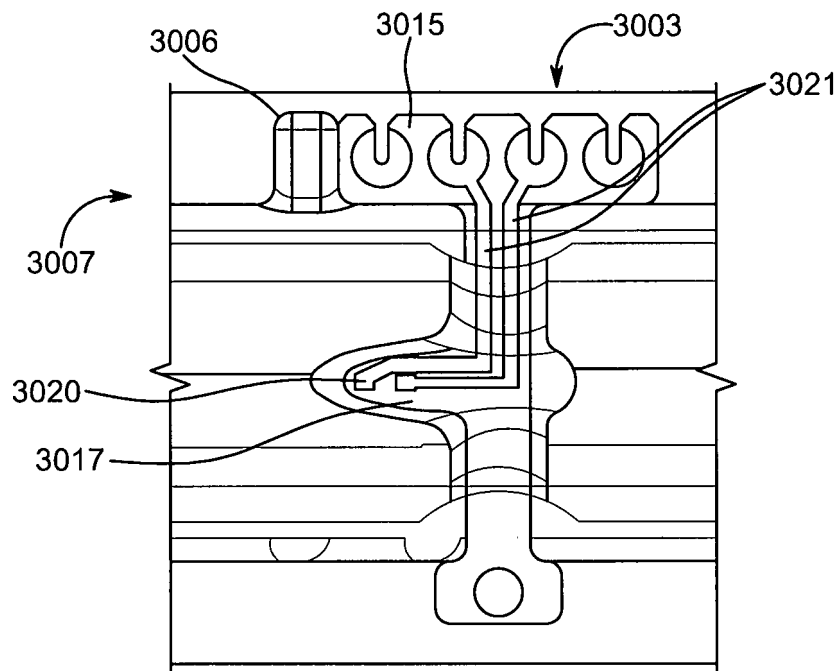


FIG. 30M

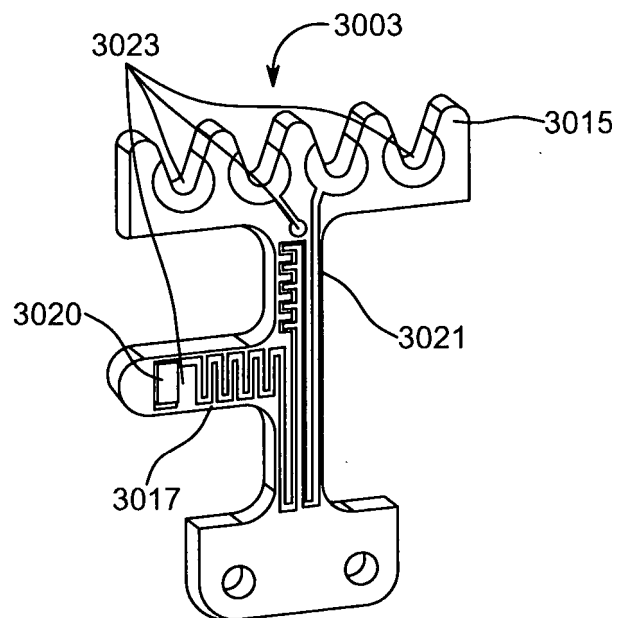


FIG. 30N

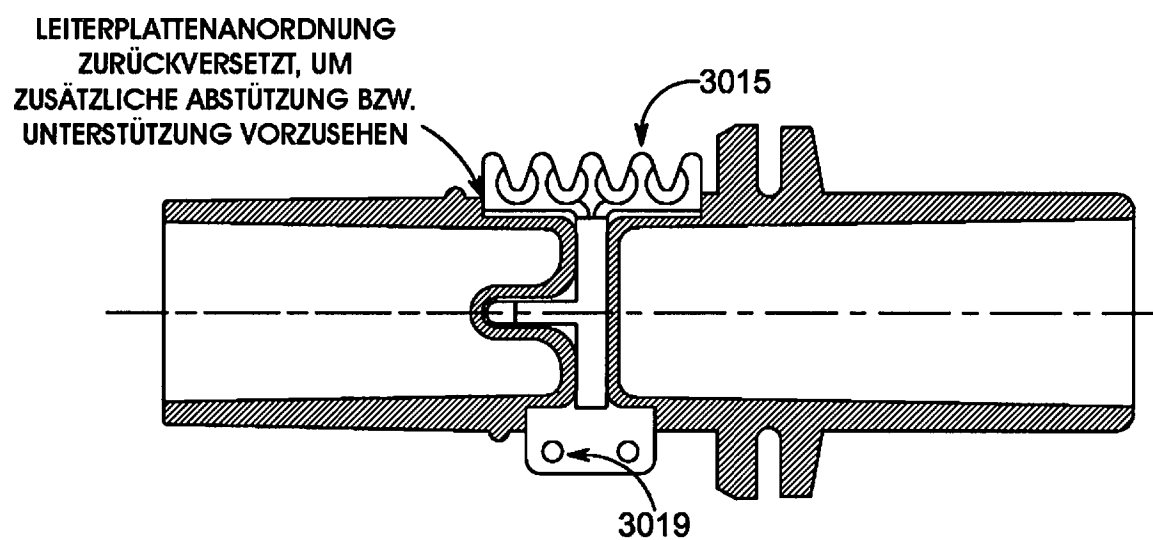


FIG. 300

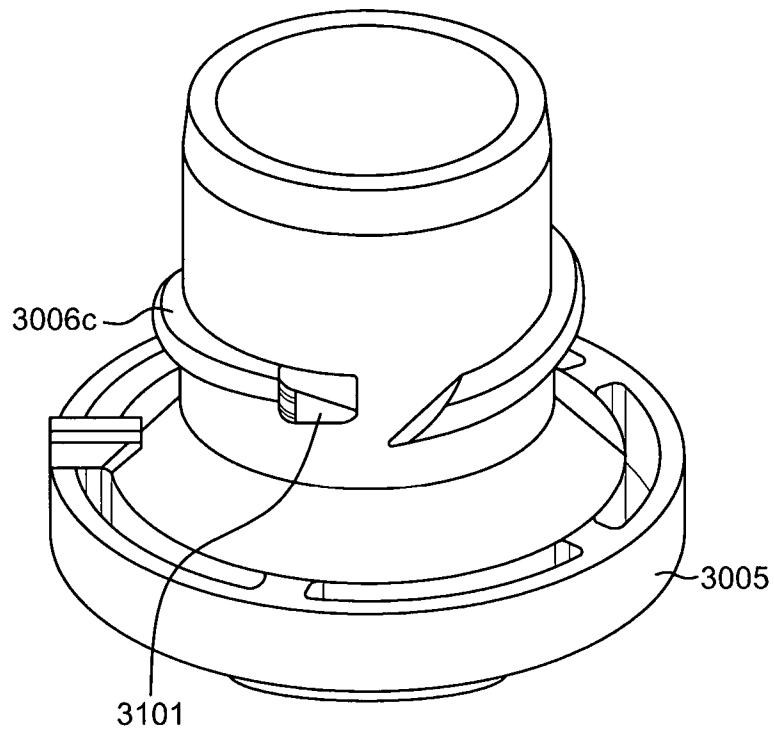


FIG. 31A

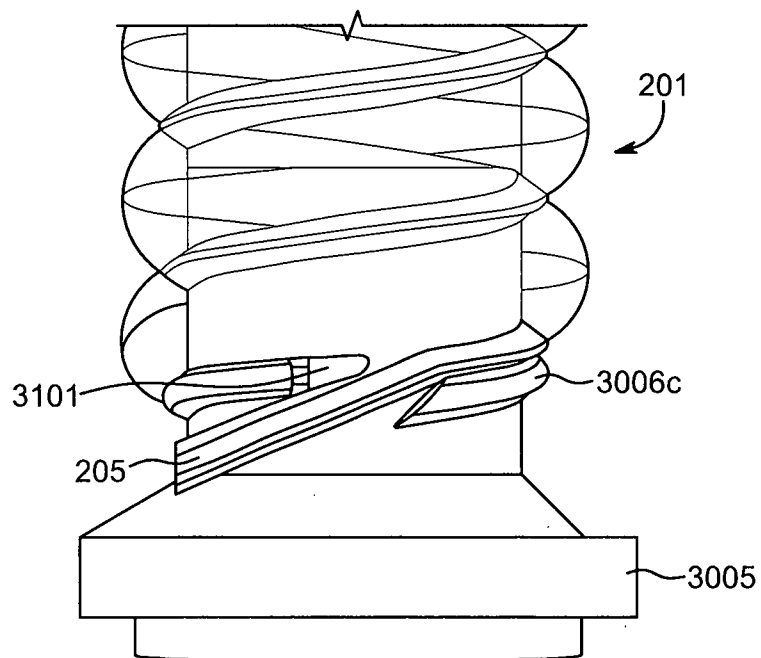


FIG. 31B

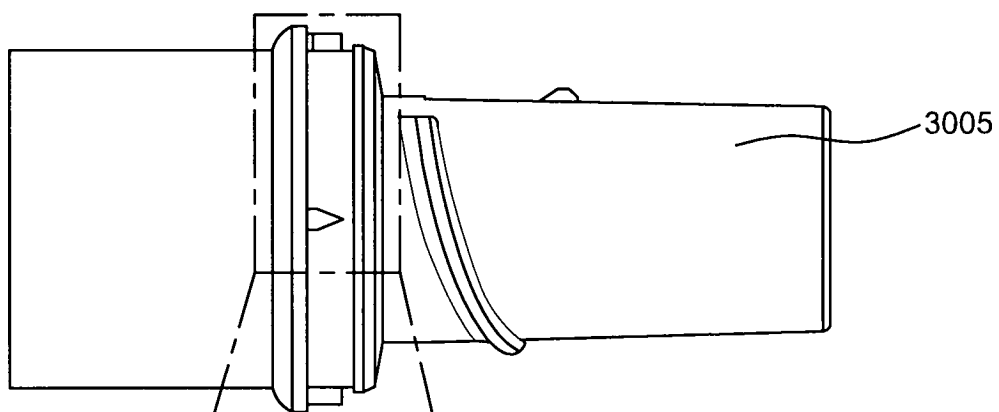


FIG. 32A

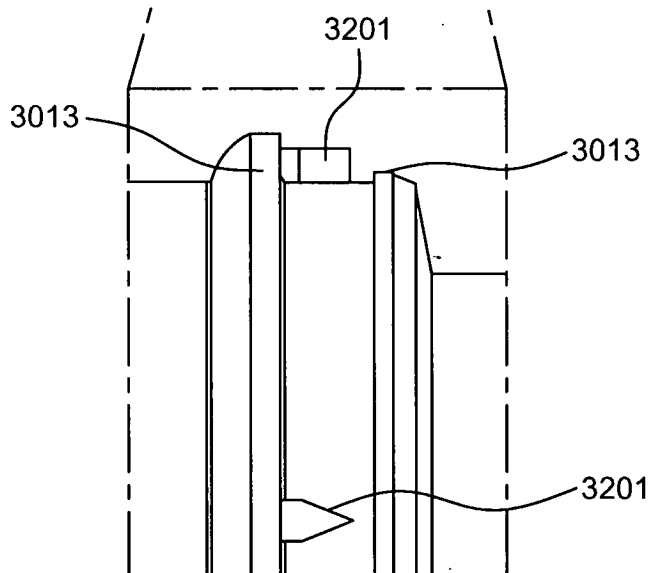
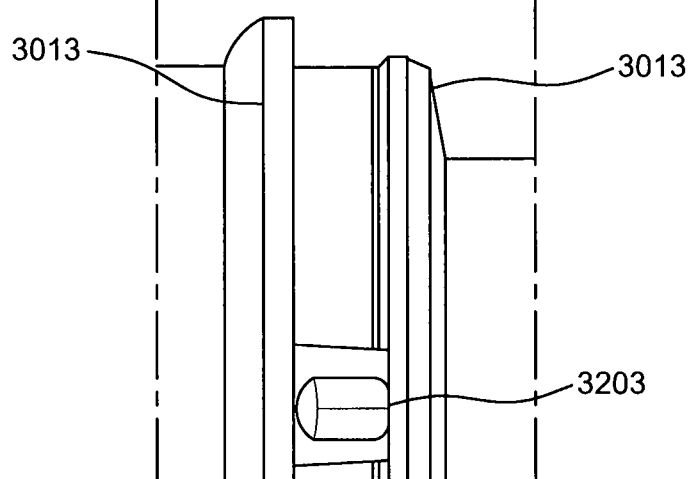
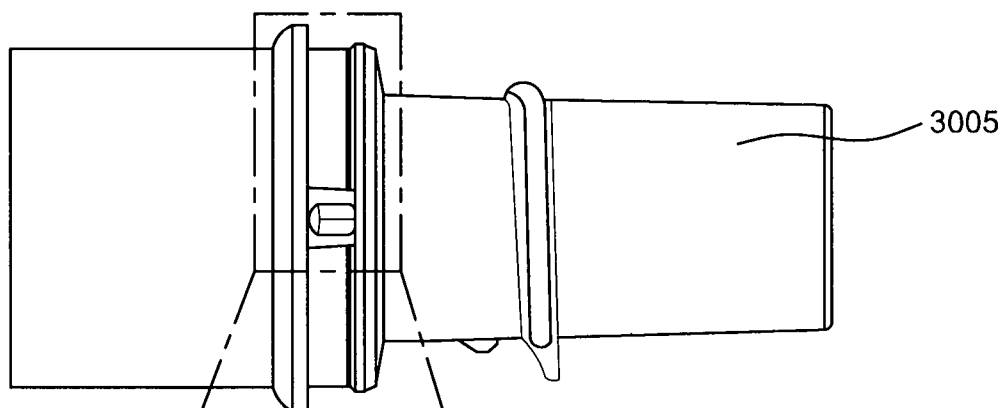


FIG. 32B



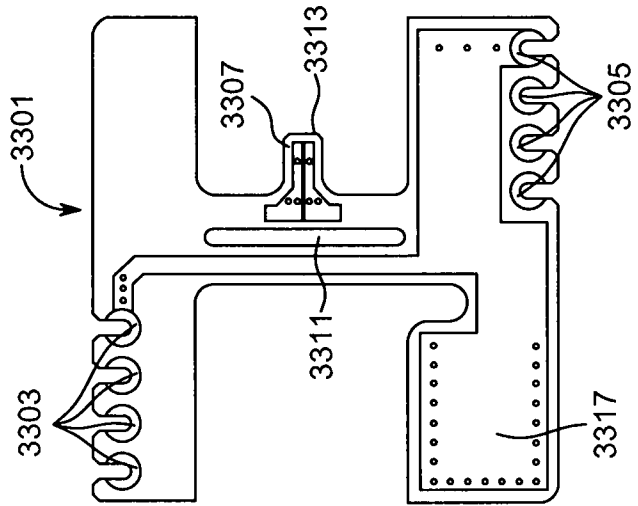


FIG. 33B

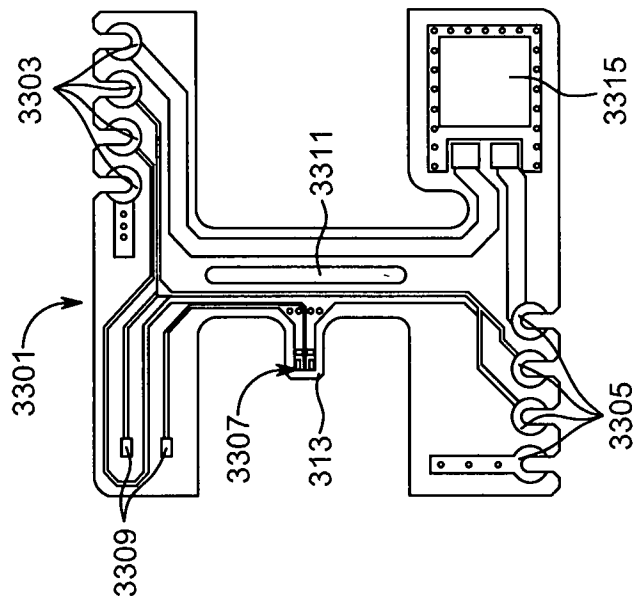


FIG. 33A

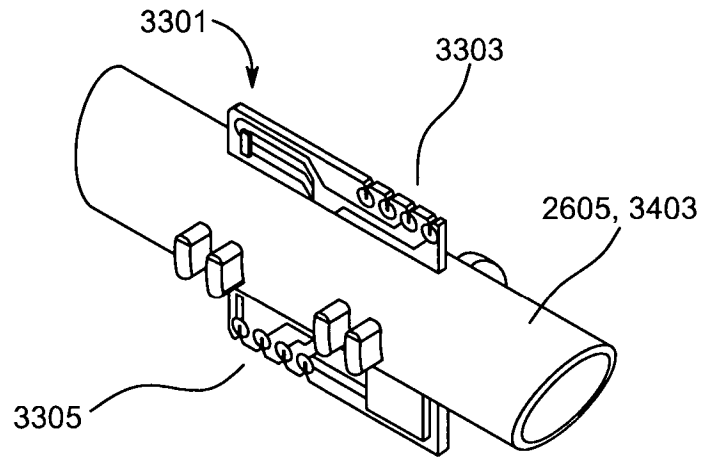


FIG. 33C

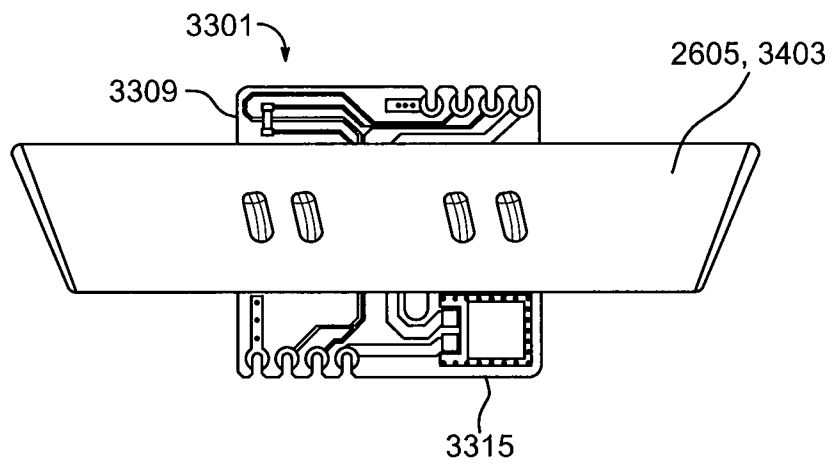


FIG. 33D

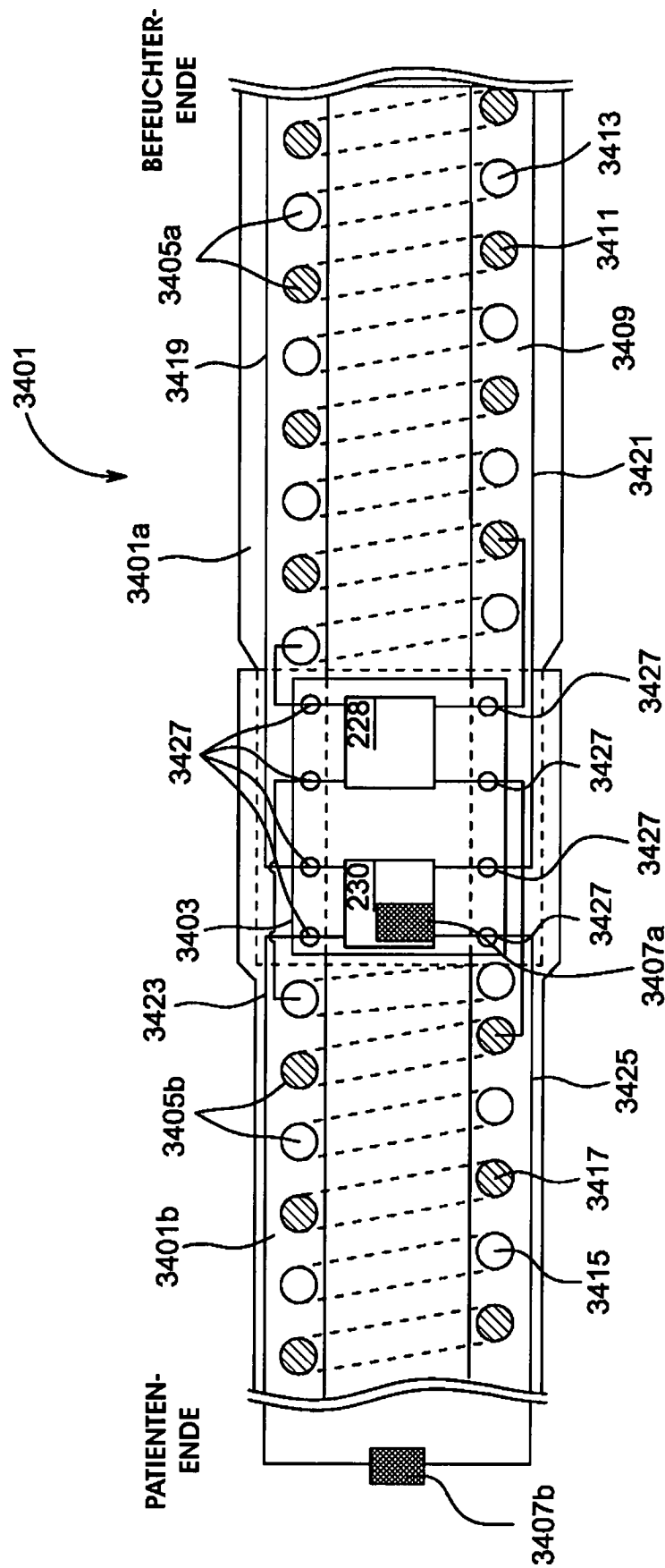


FIG. 34

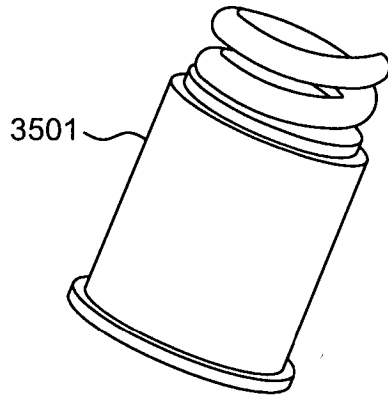


FIG. 35A

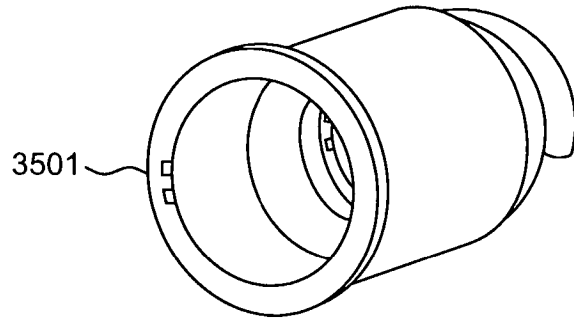


FIG. 35B

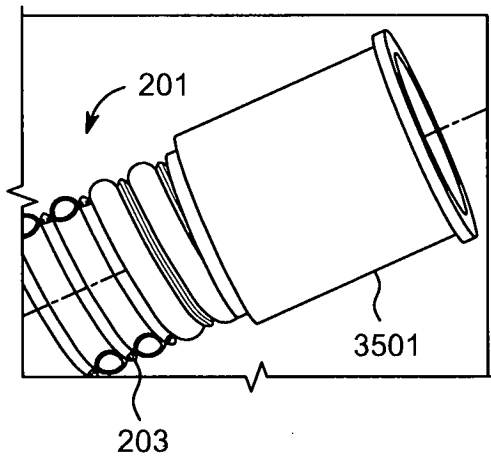


FIG. 35C

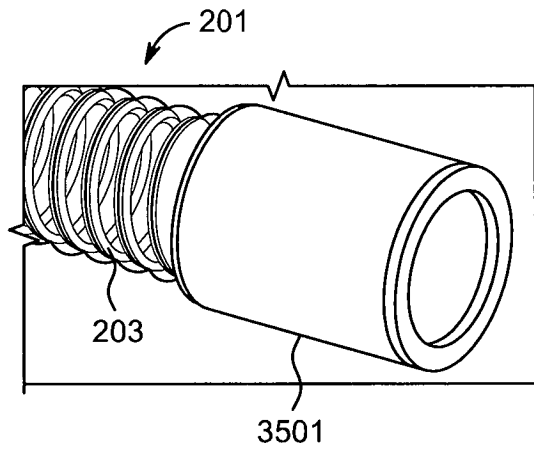


FIG. 35D

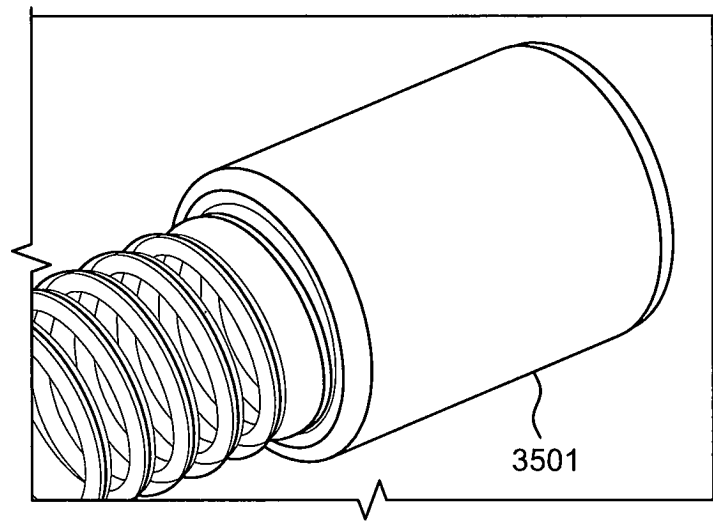


FIG. 35E

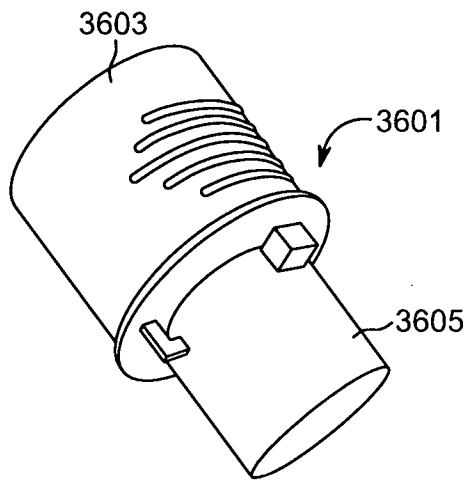


FIG. 36A

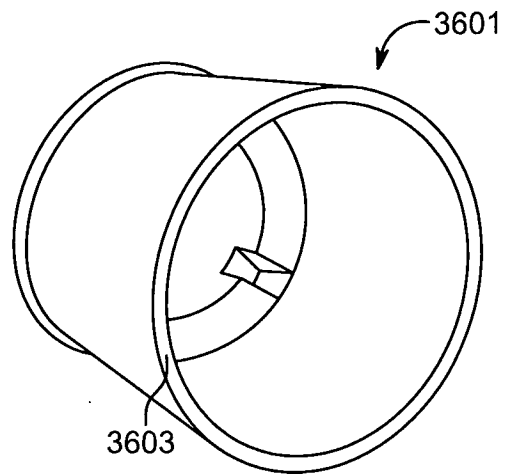


FIG. 36B

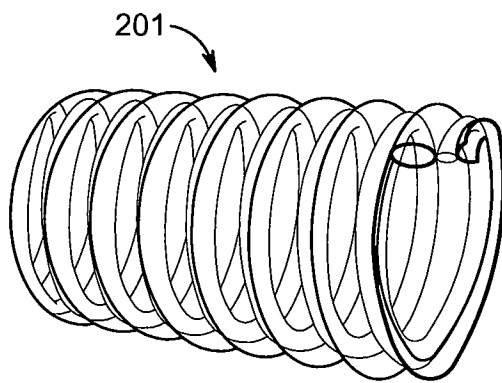


FIG. 36C

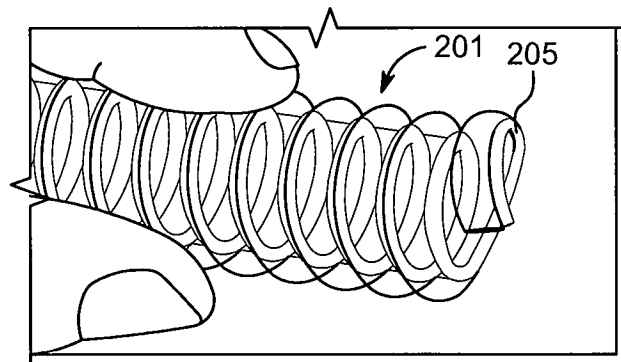


FIG. 36D

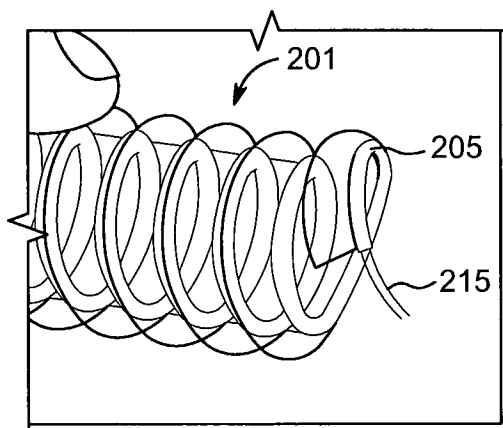


FIG. 36E

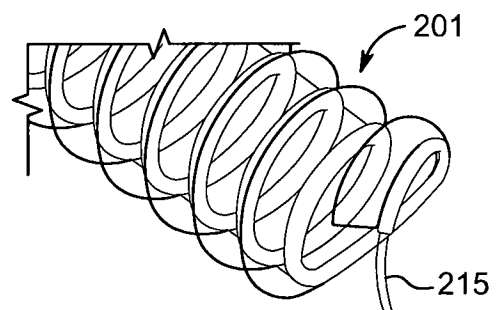


FIG. 36F

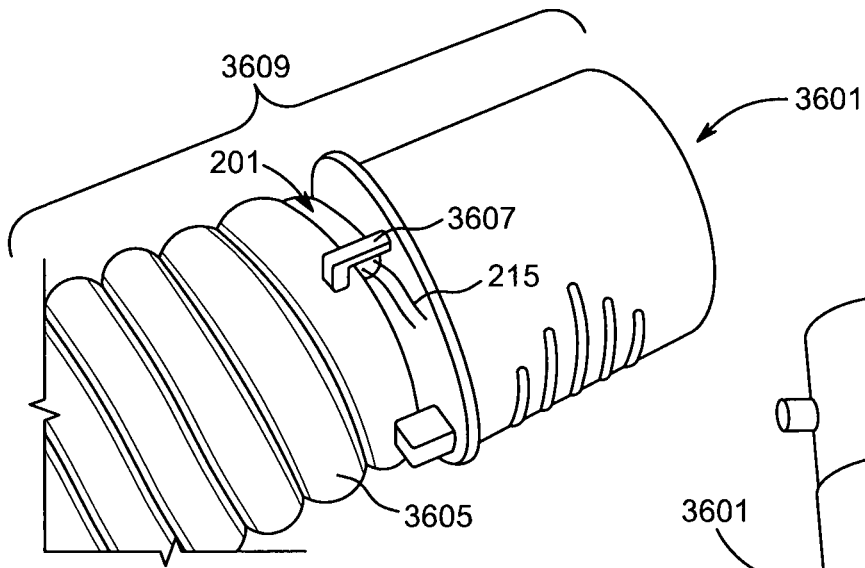


FIG. 36G

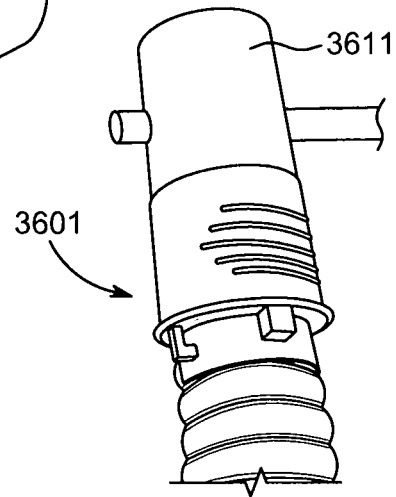


FIG. 36H

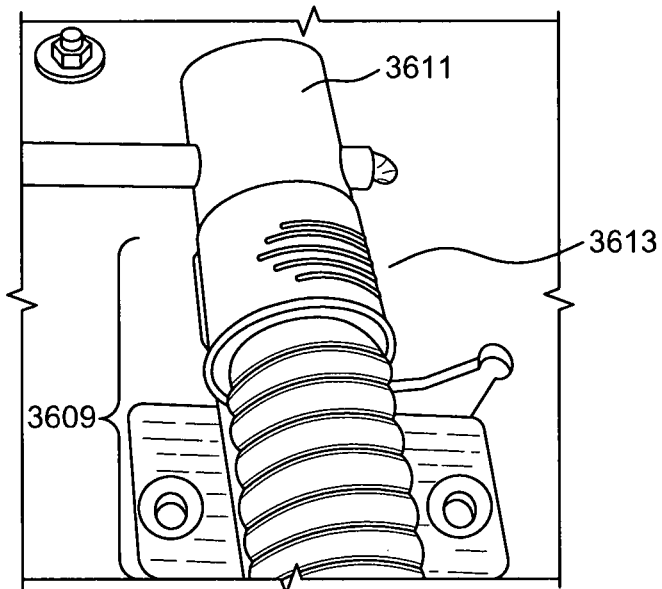


FIG. 36I

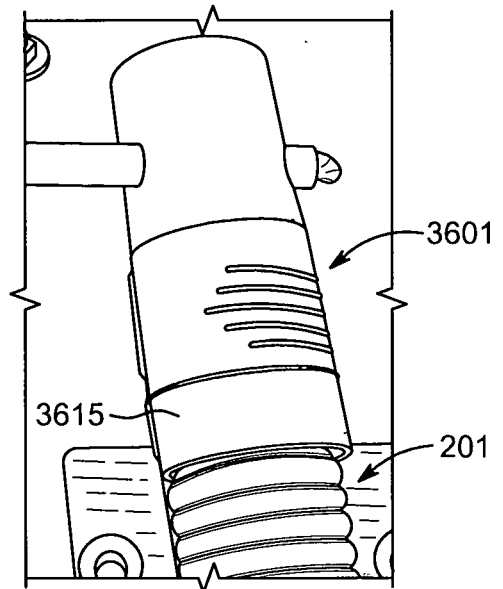


FIG. 36J

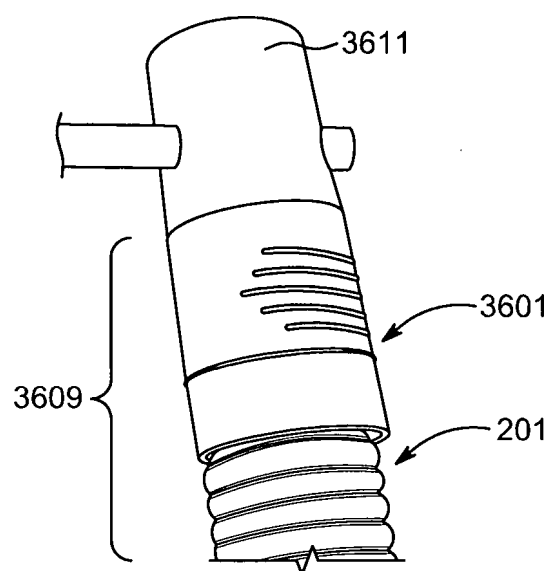


FIG. 36K

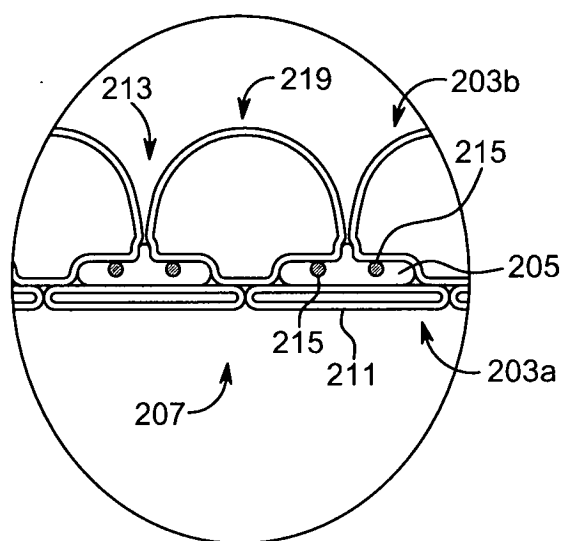


FIG. 37A

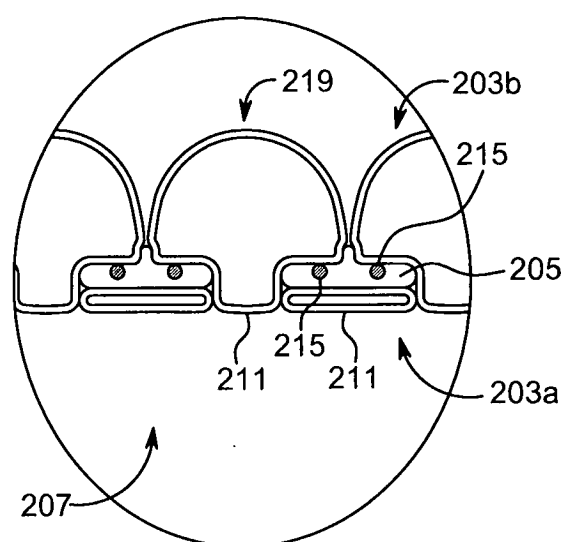


FIG. 37B