



(10) **DE 11 2018 004 635 T5 2020.07.16**

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der

(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/079544**

in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 004 635.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2018/056433**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.10.2018**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.04.2019**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **16.07.2020**

(51) Int Cl.:

**A61F 9/00 (2006.01)**

**A61B 3/00 (2006.01)**

**A61B 17/34 (2006.01)**

**A61F 9/007 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**62/574,136 18.10.2017 US**  
**15/892,833 09.02.2018 US**  
**16/145,119 27.09.2018 US**

(74) Vertreter:

**ARROBA Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80539  
München, DE**

(71) Anmelder:

**Moreno, Jesus, Newark, CA, US; Prosser, Philip,  
Prospect, AU**

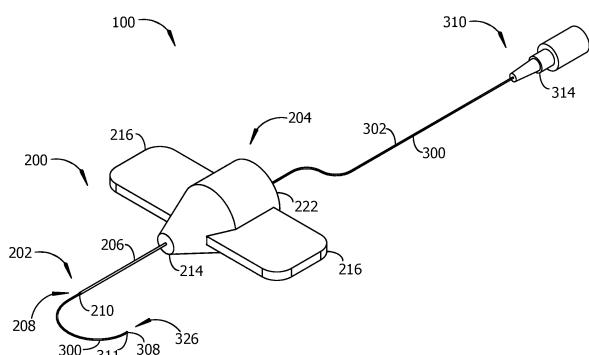
(72) Erfinder:

**Prosser, Philip, Prospect, AU; Moreno, Jesus,  
Newark, CA, US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Ophthalmisches mikrochirurgisches Instrument**

(57) Zusammenfassung: In manchen Ausführungsbeispielen weist ein mikrochirurgisches Instrument einen Trokar mit einem starren, hohlen Schaft auf, der mit einem Lumen ausgebildet ist, das sich von einem proximalen Ende zu einem distalen Ende des Schafts erstreckt. Das distale Ende des Schafts kann zur Gewebedurchdringung ausgebildet sein. Das Instrument kann zudem eine Verbundmikrokanüle aufweisen, die in gleitendem Eingriff mit dem Trokar in dem Lumen steht. Die Verbundmikrokanüle umfasst einen Lichtleiter und ein flexibles, hohles Rohr, das einen Außendurchmesser aufweist, der kleiner als ein Innendurchmesser des Lumens in den Trokar ist. Weitere Ausführungsbeispiele umfassen ein Anordnen der Mikrokanüle in dem Lumen des Trokars, ein Beleuchten des Endes des Trokars durch ein Beleuchten des Endes der Mikrokanüle, ein Vorschieben des Trokars von einem ausgewählten Eintrittspunkt an einem Auge in eine ausgewählte Struktur in dem Auge und ein Ausfahren des beleuchteten Endes der Mikrokanüle von dem Trokar in die ausgewählte Struktur.



**Beschreibung****QUERVERWEIS AUF  
VERWANDTE ANMELDUNGEN**

**[0001]** Diese Anmeldung ist eine Teilanmeldung zu der gleichzeitig anhängigen Anmeldung mit der laufenden Nummer 15/892,833, die am 9. Februar 2018 eingereicht worden ist, durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit hierin aufgenommen wird und den Vorteil der provisorischen US-Patentanmeldung mit der Nummer 62/574,136 beansprucht, die am 18. Oktober 2017 eingereicht worden ist und durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit hierin aufgenommen wird.

**GEBIET DER ERFINDUNG**

**[0002]** Ausführungsbeispiele beziehen sich auf chirurgische Vorrichtungen zur Behandlung von Augenerkrankungen, wie beispielsweise eines Glaukoms.

**[0003]** Kammerwasser (Humor aquosus) ist eine transparente wässrige Flüssigkeit, die innerhalb eines Auges erzeugt wird und die vordere und die hintere Augenkammer füllt und Substanzen transportiert, die von den Augengeweben benötigt werden und dabei helfen, die runde Form des Auges durch einen Flüssigkeitsdruck aufrechtzuerhalten. Das Kammerwasser fließt durch ein Flüssigkeitsablaufnetzwerk aus dem Auge heraus, das ein Trabekelwerk und einen Schlemm-Kanal, eine poröse umlaufende Flüssigkeitspassage, die an Kollektorkanäle und Adern angeschlossen ist, aufweist. Eine Blockade oder ein Kollabieren eines Teils des Ablaufnetzwerks des Auges kann zu einem Ansteigen eines Augeninnendrucks führen, einem Zustand, der mit einer verschlechterten Sicht und Augenkrankheiten, wie beispielsweise einem Glaukom, verbunden sein kann.

**[0004]** Eine chirurgische Behandlung kann verwendet werden, um den Augeninnendruck durch Verbesserung des Flusses des Kammerwassers zu reduzieren. Manche chirurgische Instrumente sind mit relativ großen Schnitten durch die Lederhaut (Sklera), der harten weißen äußeren Abdeckung des Auges, verbunden, wodurch eine Gewebeklappe gebildet wird, die zurückgeklappt wird, um das Trabekelwerk oder andere Teile der Fließwegs des Kammerwassers freizulegen. Freigelegte Teile des Ablaufnetzwerks können dann durch ein Entfernen von Gewebe oder ein Ausbilden von neuen Ablauftkanälen verändert werden. Ein Schnitt durch die Lederhaut kann zu einem Verlust des Flüssigkeitsdrucks innerhalb des Auges und zu einem Kollabieren von einer oder mehreren der Kammern führen. Es kann erforderlich sein, die natürliche Form des Auges zu unterstützen, indem eine viskoelastische Flüssigkeit in eine der Kammern eingespritzt wird. Eine viskoelastische Flüssigkeit weist eine Viskosität auf, die sich von dynamischen zu statischen Strömungszuständen ändert und mit ei-

ner relativ niedrigen Viskosität fließt, wenn sie einer Scherbelastung unterworfen wird, und einen gelartigen hochviskosen Zustand unter statischen Bedingungen annimmt.

**[0005]** Chirurgische Behandlungen, die mit Schnitten in das Auge verbunden sind, können das Risiko von postoperativen Komplikationen, wie beispielsweise einer Infektion und die Bildung von Narbengewebe, erhöhen. Andere Behandlungsmethoden, die weniger störend für das Auge sind, sind entwickelt worden. Beispielsweise kann der Fluss des Kammerwassers verbessert werden, indem eine Mikrokanüle durch Teile des Ablaufnetzwerks des Auges geführt wird, um Verstopfungen zu entfernen und kollabierte Flüssigkeitspassagen wieder zu öffnen. Zudem kann es von Vorteil sein, Gewebestrukturen Medikamente oder Medikament-eluierende Einheiten oder Materialien zuzuführen. Besonders das Zuführen von Medikamenten und Medikament-eluierenden Einheiten oder Materialien zu dem Schlemm-Kanal kann von Vorteil sein, da sich der Schlemm-Kanal außerhalb des immun-privilegierten Bereichs befindet, der sich innerhalb des Hauptkörpers des menschlichen Auges befindet. Die Mikrokanüle kann ein flexibles hohles Rohr aufweisen, das einen Außendurchmesser aufweist, der klein genug ist, um es der Mikrokanüle zu ermöglichen, in den Schlemm-Kanal oder einen anderen Teil des Ablaufnetzwerks des Auges eingeführt zu werden. Die Mikrokanüle kann ausreichend flexibel sein, um der Krümmung des Schlemm-Kanals oder eines anderen Teils des Ablaufnetzwerks zu folgen, während die Mikrokanüle von außerhalb des Auges vorgeschnitten wird, beispielsweise durch eine vorhergehend beschriebene operativ gebildete Klappe oder durch eine Punktionsan der Lederhaut. Die Mikrokanüle kann verwendet werden, um einen ausgewählten Teil des Ablauftkanals in dem Auge mechanisch aufzuweiten, oder kann verwendet werden, um zum Verbessern des Flusses durch einen Teil des Ablaufsystems des Auges Materialien, Objekte, Flüssigkeiten, Medikamente oder etwas Viskoelastisches zum Aufbringen eines Flüssigkeitsdrucks einzuspritzen. Oder es kann ein mikrochirurgisches Schneid-, Stech- oder Greifinstrument durch die Mikrokanüle geführt werden, um das Instrument zu einem Teil des Auges zu führen, der chirurgisch verändert werden soll.

**[0006]** Manche mikrochirurgische Instrumente haben eine Mikrokanüle, die verschiebbar in einer hohen flexiblen Außenhülle aufgenommen ist. Die flexible Außenhülle kann verwendet werden, um einen Eintrittspunkt für die Mikrokanüle in das Innere eines Auges zu positionieren, wobei die Mikrokanüle durch ein Lumen der flexiblen Außenhülle hindurch geführt wird und die Außenhülle mit Bezug auf das Auge stationär gehalten wird. Ein Ende der Mikrokanüle kann aus einem Ende der Hülle ausgefahren werden, um in einen ausgewählten Teil eines Auges einzutreten.

Jedoch kann es die Flexibilität der Außenhülle für die Hülle schwierig machen, in die Lederhaut oder ein anderes Gewebe einzudringen, um es der Mikrokanüle zu ermöglichen, in die Ablaufstrukturen oder andere Behandlungsbereiche innerhalb des Auges einzudringen. Es kann erforderlich sein, einen Schnitt oder eine Punktion mit einem separaten Instrument auszuführen, um es der flexiblen Hülle zu ermöglichen, zur Anordnung und Führung der Mikrokanüle exakt positionierbar zu sein. Oder die Mikrokanüle kann mit einer Spitze versehen sein, die zur Gewebedurchdringung ausgebildet ist, was möglicherweise die Verwendung der Mikrokanüle zum Zuführen einer Ladung in das Innere eines Auges einschränkt.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0007]** Eine beispielhafte Vorrichtungsausgestaltung weist einen Trokar und eine Verbundmikrokanüle auf. Ein Beispiel für einen Trokar weist einen starren Schaft mit einem proximalen Ende und einem distalen Ende auf. Der starre Schaft kann mit einem Lumen ausgebildet sein, das sich von dem proximalen Ende zu dem distalen Ende erstreckt. Das distale Ende des starren Schafts an dem Trokar kann zur Gewebedurchdringung ausgebildet sein.

**[0008]** Eine Verbundmikrokanüle kann in dem Lumen des Trokars angeordnet sein. Ein Beispiel für die Verbundmikrokanüle kann ein flexibles, hohles Rohr aufweisen, das einen Außendurchmesser aufweist, der kleiner als ein in den Durchmesser des Volumens in dem Trokar ist. Das Beispiel einer Verbundmikrokanüle kann des Weiteren einen Lichtleiter aufweisen.

**[0009]** Eine andere beispielhafte Vorrichtungsausgestaltung weist einen Trokar zur ophthalmischen Chirurgie auf. Das Beispiel eines Trokars weist einen starren, hohlen Schaft auf, der ein distales Ende aufweist, das zur Gewebedurchdringung ausgebildet ist. Der hohle Schaft ist mit einem Lumen ausgebildet, das sich von einem distalen Ende des hohlen Schafthafts zu einem proximalen Ende des hohlen Schafthafts erstreckt. Das Beispiel eines Trokars weist des Weiteren eine Übergangsstruktur auf, die mit dem proximalen Ende des hohlen Schafthafts verbunden ist. Die Übergangsstruktur kann mit einer Öffnung zum Ermöglichen des Einführens einer Verbundmikrokanüle in das Volumen ausgebildet sein. Das Beispiel eines Trokars kann zudem eine Lichtquelle aufweisen, die zum Beleuchten des distalen Endes des starren, hohlen Schafthafts angeordnet ist. Ein distales Ende des Lumens in dem hohlen Schaft kann geglättet sein, um eine Abnutzung und/oder ein Schneiden eines festen Objekts zu reduzieren, das durch das Lumen und aus dem Trokar heraus verläuft. Das Beispiel eines Trokars kann darüber hinaus einen Fingergriff aufweisen, der sich von der Übergangsstruktur nach außen erstreckt.

**[0010]** Eine beispielhafte Verfahrensausgestaltung umfasst das Anordnen eines distalen Endes einer Verbundmikrokanüle innerhalb eines Lumens eines Trokars; ein Beleuchten des distalen Endes der Verbundmikrokanüle, wodurch das distale Ende des Trokars beleuchtet wird; ein Auswählen eines Trokar-Eintrittspunkts an einem Auge und ein Anordnen des Trokars an dem ausgewählten Eintrittspunkt; ein Verschieben des Trokars an dem ausgewählten Eintrittspunkt, bis beobachtet wird, dass das beleuchtete distale Ende des Trokars in eine ausgewählte Struktur in dem Auge eintritt; und ein Ausfahren der Verbundmikrokanüle aus dem distalen Ende des Trokars in Richtung eines Zielbereichs in dem Auge, wodurch von dem Beleuchten des distalen Endes des Trokars zu einem Beleuchten eines Gewebes außerhalb des Trokars übergegangen wird.

**[0011]** Eine weitere beispielhafte Vorrichtung umfasst ein Handstück; einen Aktuator, der verschiebbar an das Handstück gekoppelt ist; einen Einsatz, der verschiebbar an das Handstück gekoppelt ist; ein hohles Rohr, das an dem Aktuator befestigt ist; und ein Kabel, das durch das hohle Rohr verläuft, wobei ein erstes Ende des Kabels an dem Handstück befestigt ist und ein zweites Ende des Kabels an dem Einsatz befestigt ist.

**[0012]** Ein weiterer beispielhafter Trokar zur ophthalmischen Chirurgie weist einen, insbesondere starren und hohlen, Schaft auf, der ein Lumen zur Aufnahme einer Kanüle, insbesondere einer Verbundmikrokanüle, aufweist, wobei der Schaft ein distales Ende aufweist, das zur Gewebedurchdringung ausgebildet ist.

**[0013]** Das distale Ende des Schafts kann abgeschrägt oder verjüngt sein. Alternativ oder additiv ist das distale Ende des Schafts derart ausgebildet, dass die Gewebedurchdringung zu einer einzigen Punktion an dem Gewebe führt.

**[0014]** Eine Innenfläche des distalen Endes des Schafts kann glatter als wenigstens ein Abschnitt der Innenfläche des übrigen Teils des Schafts sein. Des Weiteren kann ein distales Ende des Schafts glatter als wenigstens ein Abschnitt der Innenfläche des übrigen Teils des Schafts sein. Eine Außenfläche des Schafts kann eine schmierige Beschichtung aufweisen.

**[0015]** Der Trokar kann einen Lichtleiter und/oder eine Lichtquelle aufweisen, der bzw. die angeordnet ist, sodass das distale Ende des Schafts beleuchtbar ist. Insbesondere kann ein Ende des Lichtleiters verwendet werden, um das distale Ende des Schafts und/oder das Gewebe zu beleuchten. Das Ende des Lichtleiters kann eine größere Querschnittsfläche als wenigstens ein Teil des übrigen Teils des Lichtleiters aufweisen und/oder ein anderes Ende des Lichtlei-

ters ist mit einer Lichtquelle für sichtbares und nicht sichtbares Licht verbindbar.

**[0016]** Die Lichtleiter kann an dem Schaft befestigt sein oder kann eine integrale Komponente des Schafts sein.

**[0017]** Eine weitere beispielhafte Vorrichtung kann den oben beschriebenen Trokar und eine Kanüle aufweisen. Die Kanüle kann eine Verbundmikrokanüle sein und/oder kann in dem Lumen des Trokars angeordnet sein.

**[0018]** Die Steifigkeit der Kanüle kann geringer als die Steifigkeit des Schafts sein. Der Durchmesser der Kanüle kann in dem Bereich von 100 µm bis 250 µm liegen.

**[0019]** Die Kanüle kann ein Lumen aufweisen, das sich zwischen beiden Enden der Kanüle erstreckt. Durch die Kanüle, insbesondere das Lumen der Kanüle, kann eine Ladung in das Gewebe abgegeben werden, wenn die Kanüle aus dem distalen Ende des hohlen Schafts herausragt und/oder es kann durch sie eine Ladung in das Gewebe abgegeben werden, wobei der Schaft während der Abgabe der Ladung in das Gewebe in derselben Position verbleibt.

**[0020]** Die Vorrichtung kann eine Übergangsstruktur, insbesondere einen Trokar-Verbinder, aufweisen. Der Trokar, insbesondere das proximale Ende des Schafts, kann mit der Übergangsstruktur verbunden sein. Des Weiteren kann sich die Kanüle durch die Übergangsstruktur erstrecken.

**[0021]** Der Lichtleiter oder ein weiterer Lichtleiter kann an die Kanüle gekoppelt sein. Insbesondere kann der Lichtleiter oder der weitere Lichtleiter an der Kanüle befestigt sein oder kann eine integrale Komponente der Kanüle sein. Alternativ kann der Lichtleiter angeordnet sein, sodass das Ende des Schafts unabhängig von dem Vorhandensein oder der Position der Kanüle beleuchtet werden kann.

**[0022]** Der Lichtleiter und/oder der weitere Lichtleiter kann mit der Lichtquelle verbunden sein. Die Vorrichtung kann einen Spiegel aufweisen, der angeordnet ist, um Licht von der Lichtquelle in das proximale Ende des Schafts zu richten.

**[0023]** Das Lumen der Kanüle kann fluidisch mit einem Injektor für Material, insbesondere viskoelastisches Material, verbunden sein.

## Figurenliste

**Fig. 1** ist eine bildliche Darstellung einer beispielhaften Ausgestaltung eines mikrochirurgischen Instruments, das einen Trokar mit einem starren, hohen Schaft und eine flexible Verbundmikrokanüle aufweist.

**Fig. 2** ist eine Draufsicht auf ein Beispiel für einen Trokar in Übereinstimmung mit einem Ausführungsbeispiel.

**Fig. 3** ist eine Seitenansicht des Beispiels für einen Trokar aus **Fig. 2**.

**Fig. 4** ist eine Schnittdarstellung A - A des Beispiels für einen Trokar aus den **Fig. 1 - Fig. 3**. Eine in **Fig. 3** mit A - A gekennzeichnete Schnittlinie zeigt die Position und Blickrichtung für die Schnittdarstellung aus **Fig. 4**.

**Fig. 5** ist eine vergrößerte Teilschnittsdarstellung B des starren, hohen Schafts aus den **Fig. 1 - Fig. 4**, die ein Beispiel eines distalen Endes zeigt, das zur Gewebedurchdringung ausgebildet ist, und des Weiteren ein Beispiel eines geglätteten distalen Endes des Lumens in dem Trokar zeigt. Die Position von Darstellung B ist in **Fig. 4** mit einer gestrichelten Linie gekennzeichnet.

**Fig. 6** ist eine Teildraufsicht auf ein Beispiel für eine Verbundmikrokanüle in Übereinstimmung mit den Ausführungsbeispielen für das mikrochirurgische Instrument.

**Fig. 7** ist eine Querschnittsdarstellung C - C der beispielhaften Verbundmikrokanüle aus **Fig. 6**. Die Position und die Blickrichtung für die Querschnittsdarstellung C - C aus **Fig. 7** sind in **Fig. 6** mit einer Längsschnittlinie C - C gekennzeichnet.

**Fig. 8** ist eine Querschnittsdarstellung D - D der beispielhaften Verbundmikrokanüle aus **Fig. 6**. Die Position und die Blickrichtung für die Querschnittsdarstellung D - D aus **Fig. 8** sind in **Fig. 6** mit einer Querschnittslinie D - D gekennzeichnet.

**Fig. 9** ist eine alternative Querschnittsdarstellung D - D eines weiteren Beispiels für eine Verbundmikrokanüle in Übereinstimmung mit Ausführungsbeispielen für das mikrochirurgische Instrument. Die Position und die Blickrichtung für die alternative Querschnittsdarstellung D - D aus **Fig. 9** sind in **Fig. 6** mit der Querschnittslinie D - D gekennzeichnet.

**Fig. 10** ist eine alternative Querschnittsdarstellung D - D eines weiteren Beispiels für eine Verbundmikrokanüle in Übereinstimmung mit Ausführungsbeispielen für das mikrochirurgische Instrument. Die Position und die Blickrichtung für die alternative Querschnittsdarstellung D - D aus

**Fig. 10** sind in **Fig. 6** mit der Querschnittslinie D - D gekennzeichnet.

**Fig. 11** ist eine alternative Querschnittsdarstellung D - D eines weiteren Beispiels für eine Verbundmikrokanüle in Übereinstimmung mit Ausführungsbeispielen für das mikrochirurgische Instrument. Die Position und die Blickrichtung für die alternative Querschnittsdarstellung D - D aus **Fig. 11** sind in **Fig. 6** mit der Querschnittslinie D - D gekennzeichnet.

**Fig. 12** ist eine alternative Querschnittsdarstellung A - A eines weiteren Beispiels für einen Trokar, des Weiteren darstellend ein Beispiel einer Verbundmikrokanüle, die in eine proximalen Richtung versetzt zu dem distalen Ende des Trokars angeordnet ist, und weiter darstellend ein Beispiel für ein beleuchtetes distales Ende des Trokars.

**Fig. 13** setzt das Beispiel aus **Fig. 12** fort, zeigend ein Beispiel des beleuchteten distalen Endes der Verbundmikrokanüle, das sich aus dem distalen Ende des Lumens in dem Trokar heraus erstreckt.

**Fig. 14** ist eine alternative Querschnittsdarstellung D - D, die ein weiteres Beispiel für eine Verbundmikrokanüle mit zwei Lichtleitern in dem Längsinnenraum des flexiblen, hohlen Rohrs der Verbundmikrokanüle zeigt.

**Fig. 15** ist eine alternative Querschnittsdarstellung D - D, die ein weiteres Beispiel einer Verbundmikrokanüle mit zwei Lichtleitern zeigt, wobei ein Lichtleiter im Inneren des flexiblen, hohlen Rohrs der Verbundmikrokanüle ist und der weitere Lichtleiter eine Außenfläche des flexiblen, hohlen Rohrs kontaktiert.

**Fig. 16** ist eine alternative Querschnittsdarstellung D - D, die ein weiteres Beispiel einer Verbundmikrokanüle mit zwei Lichtleitern zeigt, wobei ein Lichtleiter im Inneren des flexiblen, hohlen Rohrs der Verbundmikrokanüle angeordnet ist und der weitere Lichtleiter zwischen dem hohlen Rohr und einer Außenhülse angeordnet ist.

**Fig. 17** ist eine alternative Querschnittsdarstellung D - D, die ein weiteres Beispiel einer Verbundmikrokanüle mit zwei Lichtleitern zeigt, wobei ein Lichtleiter im Inneren des flexiblen, hohlen Rohrs der Verbundmikrokanüle angeordnet ist und ein zweiter Lichtleiter mittels einer äußeren Beschichtung an dem flexiblen, hohlen Rohr gehalten wird, die auf den zweiten Lichtleiter und das flexible, hohle Rohr aufgebracht ist.

**Fig. 18** ist ein Blockschaltbild eines alternativen Vorrichtungsausführungsbeispiels, das einen Positionierer zum Versetzen der Verbundmikrokanüle relativ zu dem Trokar aufweist, und optional einen Flüssigkeitsinjektor zum Einführen einer Flüssigkeit in die Verbundmikrokanüle aufweist.

**Fig. 19** ist eine Draufsicht auf ein Beispiel für eine Ausgestaltung eines mikrochirurgischen Instruments mit einem Positionierer und einem Trokar.

**Fig. 20** ist eine Querschnittsdarstellung E - E eines Beispiels für einen Positionierer aus **Fig. 19**. Ein Ort und eine Blickrichtung für die Querschnittsdarstellung E - E aus **Fig. 20** sind in **Fig. 19** mit einer Längsschnittlinie E - E gekennzeichnet.

**Fig. 21** zeigt eine bildliche Darstellung eines Beispiels für eine Ausgestaltung eines mikrochirurgischen Instruments mit einem Positionierer, wobei die distale Spitze des Trokars durch die Leberhaut eines Auges in den Schlemm-Kanal verläuft, wobei ein Beispiel für ein Licht gezeigt ist, das von dem beleuchteten distalen Ende des Trokars abgegeben wird, um die Position des Trokars exakt anzuzeigen.

**Fig. 22** zeigt eine bildliche Darstellung mit dem beispielhaften mikrochirurgischen Instrument und dem Trokar in derselben Position relativ zu dem Schlemm-Kanal aus **Fig. 21**, und weiter zeigend ein Beispiel für die beleuchtete distale Spitze der Verbundmikrokanüle, die entlang des umlaufenden Pfads des Schlemm-Kanals aus dem Trokar ausgefahren ist.

**Fig. 23** ist eine weitere alternative Querschnittsdarstellung A - A des Beispiels für einen Trokar aus **Fig. 1**, zeigend ein Beispiel einer Verbundmikrokanüle, deren Lichtleiter durch das Volumen des Trokars verläuft, und weiter zeigend einen in dem Lumen positionierten optionalen zweiten Lichtleiter separat zu dem Lichtleiter in der Verbundmikrokanüle.

**Fig. 24** zeigt eine bildliche Teildarstellung des Beispiels für einen Trokar mit einer Verbundmikrokanüle und einem zweiten Lichtleiter, wie bei dem Beispiel aus **Fig. 23**, zeigend ein Beispiel des beleuchteten distalen Endes des Trokars und der davon entlang des umlaufenden Pfads des Schlemm-Kanals von dem Trokar separierten Verbundmikrokanüle.

**Fig. 25** zeigt eine alternative Querschnittsdarstellung D - D eines Beispiels für eine Ausgestaltung einer Verbundmikrokanüle, die ein Beispiel für eine optionale fluide Ladung und ein Beispiel für eine optionale feste Ladung innerhalb des flexiblen, hohlen Rohrs transportiert.

**Fig. 26** zeigt eine bildliche Darstellung eines Beispiels für ein Instrument zum Markieren eines Trokar-Eintrittspunkts.

**Fig. 27** zeigt eine Darstellung in Richtung von Beispielen für Markierflächen an Markierpads an

dem Instrument zum Markieren des Trokar-Eintrittspunkts aus **Fig. 26**.

**Fig. 28** zeigt eine Seitenansicht des beispielhaften Instruments zum Markieren des Trokar-Eintrittspunkts aus den **Fig. 26 - Fig. 27**.

**Fig. 29** zeigt eine Ansicht in Richtung eines Beispiels der Lederhaut und einer Iris eines menschlichen Auges, zeigend ein Beispiel eines Musters von tangentialen Linien, das mittels des Instruments zum Markieren des Trokar-Eintrittspunkts aus den **Fig. 26 - Fig. 28** gebildet worden ist.

**Fig. 30** zeigt ein Beispiel für manche Schritte eines Verfahrens zum Einführen eines Trokars durch die Lederhaut eines Auges und zum Vorschieben einer Verbundmikrokanüle aus dem Trokar in eine Struktur, wie beispielsweise den Schlemm-Kanal.

**Fig. 31** ist eine Teildraufsicht auf ein weiteres Beispiel für eine Verbundmikrokanüle in Übereinstimmung mit den Ausführungsbeispielen für das mikrochirurgische Instrument.

**Fig. 32** ist eine Querschnittsdarstellung F - F der beispielhaften Verbundmikrokanüle aus **Fig. 31**. Die Position und die Blickrichtung für die Querschnittsdarstellung F - F aus **Fig. 32** sind in **Fig. 31** mit einer Querschnittslinie G - G gekennzeichnet.

**Fig. 33** ist eine Querschnittsdarstellung G - G der beispielhaften Verbundmikrokanüle aus den **Fig. 30 - Fig. 31**. Die Position und die Blickrichtung für die Querschnittsdarstellung G - G aus **Fig. 33** sind in **Fig. 31** mit einer Querschnittslinie G - G gekennzeichnet.

**Fig. 34** ist eine Ansicht in Richtung einer Oberseite eines weiteren Beispiels für eine Ausgestaltung eines mikrochirurgischen Instruments mit einem Positionierer und einem Trokar.

**Fig. 35** ist eine Seitenansicht von zwei der Beispiele für das mikrochirurgische Instrument aus **Fig. 34**, wobei die obere Einheit die Verbundmikrokanüle in einem Beispiel einer zurückgezogenen Position und die untere Einheit die Verbundmikrokanüle in einem Beispiel einer ausgefahrenen Position zeigt.

**Fig. 36** führt das Beispiel aus den **Fig. 34 - Fig. 35** fort, zeigend die Beispiele für ein mikrochirurgisches Instrument in einer Querschnittsdarstellung H - H für die zurückgezogene Position der Verbundmikrokanüle und in einer Querschnittsdarstellung K - K für die ausgefahrenen Position der Verbundmikrokanüle. Die Positionen der Querschnitte H - H und K - K sind in **Fig. 35** durch Schnittlinien H - H und K - K gekennzeichnet.

## BESCHREIBUNG

**[0024]** Beispielhafte Ausgestaltungen in Übereinstimmung mit der Erfindung werden nachfolgend beschrieben. Ein Trokar mit einem starren, hohlen Schaft, der ein distales Ende aufweist, das zur Gewebedurchdringung ausgebildet ist, ist eingerichtet, durch biologisches Gewebe, beispielsweise die Lederhaut eines Auges, hindurchzustechen, wodurch ein sehr kleiner Eintrittspunkt an dem Gewebe für eine Verbundmikrokanüle, die durch einen Lumen des Trokars verläuft, gebildet wird. Die Verbundmikrokanüle, die hierin auch als Verbundmikrokatheter bezeichnet werden kann, weist einen Lichtleiter zum Beleuchten des distalen Endes der Mikrokanüle auf. Eine Lichtquelle kann an die Verbundmikrokanüle und/oder den Trokar gekoppelt sein, um das distale Ende des starren, hohlen Schafts zu beleuchten, indem Licht über den Lichtleiter in das Lumen des Trokars gerichtet wird, wodurch eine genaue Ermittlung der Position des distalen Endes des Trokars, eine visuelle Anzeige des Eintritts des Trokars in eine Struktur in dem Auge und eine visuelle Anzeige der Position des distalen Endes der Verbundmikrokanüle, die sich in Richtung eines Zielbereichs zur Behandlung voran bewegt, ermöglicht wird. Das beleuchtete distale Ende der Verbundmikrokanüle kann verwendet werden, um zu ermitteln, ob die Mikrokanüle von einem bevorzugten Pfad abgewichen ist, beispielsweise einen bevorzugten Pfad durch den Schlemm-Kanal verlässt und in einen anderen Kanal oder eine andere Kammer, wie beispielsweise einen Kollektorkanal oder einen anderen Teil des Ablaufsystems des Auges, eintritt.

**[0025]** Die Ausführungsbeispiele sind effektiv zum Bereitstellen einer visuellen Anzeige des Orts des distalen Endes des Trokars durch Beobachten von Licht, das von dem Trokar durch Gewebe, das die Lederhaut, das Trabekelwerk oder ein anderes Gewebe, beinhaltet ein Gewebe, das nicht mit einem Auge verbunden ist, beinhaltet, hindurch abgegeben wird. Licht, das von dem Trokar durch die Lederhaut oder ein anderes Gewebe hindurchgeht, zeigt eine Richtung einer Bewegung des Trokars an. Die Position und die Richtung der Bewegung der Verbundmikrokanüle kann durch visuelles Beobachten des Lichts, das von der Spitze der Mikrokanüle abgegeben wird, ebenso exakt ermittelt werden. Ein Ausführungsbeispiel kann exakt in Gewebe und/oder Geweberäume, wie beispielsweise das Trabekelwerk, den Schlemm-Kanal und Kollektorkanäle, geführt werden, ohne hierauf eingeschränkt zu sein. Auf der anderen Seite kann ein Ausführungsbeispiel exakt geführt werden, um insbesondere ein Eintreten in ein ausgewähltes Gewebe oder einen ausgewählten Geweberaum zu vermeiden. Die Gewebe in dem Auge und die Position und die Richtung der Bewegung eines Ausführungsbeispiels können mit einer Kamera, mit einem Gonioprisma, mit anderen optischen Hilfs-

mitteln oder irgendeiner Kombination dieser Einheiten und Verfahren direkt beobachtet werden.

**[0026]** In manchen Ausführungsbeispielen ermöglicht ein zweiter Lichtleiter eine unabhängige und optional gleichzeitige Beleuchtung des distalen Endes des Trokars und der Verbundmikrokanüle. In weiteren Ausführungsbeispielen kann eine Ladung, die ein fluides und/oder ein festes Objekt aufweist, über die Verbundmikrokanüle einem Zielbereich in einem Auge zugeführt werden. Beispiele für eine fluide Ladung umfassen, ohne hierauf eingeschränkt zu sein, Medikamente umfassend Gentherapie, eine Stammzelle und andere fluidbasierte Medikamente, ein viskoelastisches Fluid, Wasser und eine Salzlösung. Beispiele für feste Ladungen umfassen, ohne hierauf eingeschränkt zu sein, Einheiten, Partikel, Nanopartikel, kleine Einheiten, umfassend Medikament-eluiierende Beispiele von festen Ladungen, ein mikrochirurgisches Instrument, wie beispielsweise eine Pinzette, ein Instrument zum Durchdringen und/oder Schneiden von Gewebe, einen Stent, einen Lichtleiter und ein Kabel. Hierbei ist unter einem Lichtleiter ein optisches Element zu verstehen, das geeignet ist, elektromagnetische Energie, die an einer Eingangsfläche empfangen wird, durch ein zwischenliegendes optisches Medium an eine Ausgangsfläche zu übertragen. Beispiele für einen Lichtleiter umfassen, ohne hierauf eingeschränkt zu sein, einen oder mehrere Spiegel, die angeordnet sind, um einen Lichtstrahl von einer Quelle auf ein Ziel zu richten, eine flexible optische Faser, ein Bündel von optischen Fasern und einen starren Hohllichtleiter.

**[0027]** Manche Ausführungsbeispiele umfassen einen Positionierer zum Versetzen der Verbundmikrokanüle relativ zu dem distalen Ende des Trokars. Ein Positionierer kann optional einen Verbundmikrokanülen-Versetzmechanismus aufweisen, der eingerichtet ist, die Verbundmikrokanüle auszufahren und optional einzufahren. Der Positionierer kann des Weiteren optional einen Fluidinjektor aufweisen, der eingerichtet ist, Fluid von einem Fluidreservoir in die Verbundmikrokanüle und möglicherweise in einen ausgewählten Zielbereich in einem Auge zu bewegen. Manche Ausführungsbeispiele eines Positionierer umfassen eine Lichtquelle, die angeordnet ist, um Licht in den Lichtleiter der Verbundmikrokanüle und optional in einen zweiten Lichtleiter, der an den Trokar gekoppelt ist, wenn ein zweiter Lichtleiter vorhanden ist, zu emittieren. Ein Positionierer kann ein exaktes Vorschieben und/oder Zurückziehen der Verbundmikrokanüle ermöglichen, ohne den Eintrittspunkt der Mikrokanüle in das Auge zu stören, wodurch möglicherweise eine Dauer, die erforderlich ist, um eine Behandlungsprozedur abzuschließen, und ein Risiko eines Schadens an Augengewebe reduziert werden.

**[0028]** Ausführungsbeispiele eines ophthalmischen mikrochirurgischen Instruments können eingerichtet sein, gleichmäßig und kontinuierlich von der Beleuchtung des distalen Endes des Trokars zu einer Beleuchtung von Gewebe außerhalb des Trokars überzugehen, wodurch eine sehr genaue Ermittlung der Position des Trokars und der Verbundmikrokanüle relativ zu den Strukturen in dem Auge möglich ist. Die sehr kleine Punktion, die mittels des Trokars an der Lederhaut oder einem anderen Teilen des Auges ausgebildet wird, steht im Kontrast zu den relativ großen Schnitten, die bei den herkömmlichen chirurgischen Techniken erforderlich sind, bei denen eine Gewebeklappe von der Lederhaut abgehoben wird, um Strukturen in dem Inneren des Auges zugänglich zu machen. Die kleine Punktion reduziert Unannehmlichkeiten für Patienten und das Risiko von postoperativen Komplikationen, wie beispielsweise eine Narbenbildung und Infektion. Die Vorbereitung, Überwachung und das Schließen des chirurgischen Bereichs sind schneller und weniger kompliziert als bei Verfahren, die Schnitte durch die Lederhaut verwenden, wodurch möglicherweise ein Einsatz von Ausführungsbeispielen mit weniger stringenten Sterilitätsstufen und Patientenüberwachungen ermöglicht wird, als in einem Operationssaal für chirurgische Prozeduren durchgeführt werden können, und möglicherweise eine schnellere Patientenerholung und -heilung von chirurgischen Prozeduren ermöglicht wird.

**[0029]** Eine beispielhafte Ausgestaltung eines mikrochirurgischen Instruments zeigt **Fig. 1**. Die beispielhafte Ausgestaltung **100** umfasst einen Trokar **200**, der zur Aufnahme einer Verbundmikrokanüle **300** eingerichtet ist. Die Verbundmikrokanüle **300** kann verschiebbar mit dem Trokar **200** in Eingriff stehen, wobei sie durch einen Trokar-Verbinder **222** an dem proximalen Ends **204** des Trokars, eine Übergangsstruktur **214** und ein Lumen **208** verläuft, das in einem starren, holen Schaft **206** ausgebildet ist, der sich von der Übergangsstruktur **214** zu dem distalen Ende **202** des Trokars **200** nach außen erstreckt. Der starre, hohle Schaft **206** ist vorzugsweise mit einem distalen Ende **210** ausgebildet, das zur Gewebedurchdringung ausgebildet ist. Einer oder mehrere eines optionalen Fingergriffs **216** kann bzw. können an dem Trokar-Verbinder **222** und/oder der Übergangsstruktur **214** befestigt oder alternativ als ein integraler Teil davon ausgebildet sein.

**[0030]** Bei dem Beispiel aus **Fig. 1** ist die Verbundmikrokanüle **300** mit mehreren Biegungen und Krümmungen gezeigt, um die Flexibilität des holen Rohrs **302** zu illustrieren, das viel der Länge der Verbundmikrokanüle bildet. Die Flexibilität der Verbundmikrokanüle ermöglicht es der Mikrokanüle, den gekrümmten Wänden einer Struktur in dem Auge, beispielsweise des Schlemm-Kanals, zu folgen, ohne in die Wände der Struktur einzustechen oder diese zu beschädigen. Ein Ausführungsbeispiel der Verbundmi-

krokanüle **300** kann mit Mikrokanülensegmenten gebildet sein, die eine Biegesteifigkeit in einem Bereich von  $3,0 \times 10^{-11}$  kN·m<sup>2</sup> bis  $2,9 \times 10^{-10}$  kN·m<sup>2</sup> aufweisen. Teile der Verbundmikrokanüle in der Nähe des distalen und/oder des proximalen Endes können optional steifer sein als andere Teile der Verbundmikrokanüle sein. Der starre, hohle Schaft **206** des Trokars **200** ist wesentlich steifer als die Verbundmikrokanüle und ist vorzugsweise mit einer Biegesteifigkeit von wenigstens von  $1,5 \times 10^{-8}$  kN·m<sup>2</sup> ausgebildet, steif genug, um die Lederhaut und ein anderes Gewebe in einem Auge zu durchdringen. Ein Trokar mit einer Biegesteifigkeit, die größer als der bevorzugte Minimalwert ist, kann das Erfordernis eines separaten chirurgischen Instruments zum Ausbilden einer Punktionsöffnung durch eine Außenseite eines Auges eliminieren.

**[0031]** Die Verbundmikrokanüle **300** kann einen optionalen Mikrokanülen-Verbinder **314** an dem proximalen Ende **310** des flexiblen, holen Rohrs **302** aufweisen. Der Mikrokanülen-Verbinder kann Verbindungen zum Einführen einer Ladung in die Verbundmikrokanüle und zum Koppeln von Licht von einer Lichtquelle in die Verbundmikrokanüle aufweisen. Eine flüssige, feste oder gasförmige Ladung, die in das proximale Ende **310** eingeführt worden ist, kann durch das hohle Rohr **302** zu dem distalen Ende **308** der Verbundmikrokanüle transportiert werden, um einem Zielbereich in einem Auge zurückführbar zu sein. Licht, das in das proximale Ende **310** einfällt, kann sich zu dem distalen Ende **308** bewegen, um ein beleuchtetes distales Ende **326** der Verbundmikrokanüle zu erzeugen. Ein optionaler Lichtstreuer **311** kann an dem distalen Ende **308** vorhanden sein, um Licht in viele Richtungen zu streuen, wodurch der genaue Ort des distalen Endes der Verbundmikrokanüle angezeigt wird, wenn es sich durch Kanäle und Kammern in einem Auge bewegt. Licht kann sich durch innere Reflexion von den Wänden des flexiblen, holen Rohrs **302** von dem proximalen Ende zu dem distalen Ende der Verbundmikrokanüle bewegen, durch ein Fluid, die in das hohle Rohr **302** eingefügt ist oder durch eine oder mehrere Lichtleiter, die in manchen Ausführungsbeispielen einer Verbundmikrokanüle enthalten sind.

**[0032]** Eine beispielhafte Ausgestaltung eines Trokars **200** ist in **Fig. 2** in einer Draufsicht und in **Fig. 3** in einer Seitenansicht gezeigt. Bei dem Beispiel aus **Fig. 3** sind die optionalen Fingergriffe **216**, die in **Fig. 2** zu sehen sind, weggelassen. Der Trokar-Verbinder **222** an dem proximalen Ende **204** des Trokars **200** kann ein Luer-Anschluss sein, beispielsweise ein Slip-Fit- oder Twist-Lock-Luer-Anschluss. Andere Verbinder, die geeignet sind, eine leckfreie Abdichtung auszubilden, können alternativ verwendet werden. Der starre, hohle Schaft **206** des Trokars **200** ist an der Übergangsstruktur **214** befestigt. Ein Lumen **208** in dem starren, hohlen Schaft **206** ist in Fluidverbindung mit Leerräumen in der Übergangs-

struktur und dem Trokar-Verbinder, wodurch ermöglicht wird, dass ein Fluid in das Lumen **208** eingeführt werden kann. Das Lumen **208** des Trokars **200** erstreckt sich durch das distale Ende, das zur Gewebedurchdringung **210** ausgebildet ist.

**[0033]** Die Querschnittsdarstellung A - A aus **Fig. 4** und die vergrößerte Teildarstellung B aus **Fig. 5** zeigen einige innere Details eines Beispiels eines Trokars **200** in Übereinstimmung mit einem Ausführungsbeispiel. Der starre, hohle Schaft **206** wird mittels der Übergangsstruktur **214**, die an dem Trokar-Verbinder **222** befestigt ist, sicher gehalten. Das Lumen **208** durch den starren, hohlen Schaft **206** ist in Fluidverbindung mit Leerräumen **224** in dem Trokar-Verbinder **222**. Der Leerraum **224** kann mit einer konischen Mikrokanülen-Führungsfläche **221** in der Nähe des proximalen Endes des hohlen Schafts **206** ausgebildet sein. Die konische Fläche **221** kann eine Verbundmikrokanüle durch eine Öffnung **223**, die an der Übergangsstruktur **214** in der Nähe des distalen Endes des Leerraums **224** ausgebildet ist, in Richtung des Lumens **208** ablenken.

**[0034]** Der distale Rand **212** des Lumens **208** ist vorzugsweise geglättet, beispielsweise durch Abrunden des Rands **212** an dem gesamten distalen Ende des Lumens. Der geglättete distale Rand **212** reduziert eine Abnutzung oder ein Schneiden von Material der Verbundmikrokanüle, wenn die Mikrokanüle entlang des distalen Rands des Trokar-Lumens geführt. Wenn er ungeglättet ist, kann der distale Rand des Trokar-Lumens scharf genug sein, um Material von der Verbundmikrokanüle zu entfernen. Die Reduzierung einer Menge eines Materials, das von der Verbundmikrokanüle geschnitten oder abgeschrieben wird, reduziert eine ungewünschte Ablagerung eines solchen Materials in einem Auge.

**[0035]** Ansicht B aus **Fig. 5** zeigt des Weiteren ein Beispiel für einen Außendurchmesser **219** des starren, hohlen Schafts **206** und für einen Innendurchmesser **218** des Lumens **208** durch den starren, hohlen Schaft **206**. Der Außendurchmesser **219** kann in einem Bereich von etwa 200 µm bis etwa 700 µm liegen. Beispielsweise haben manche Trokar-Ausführungsbeispiele einen starren, hohlen Schaft mit einem Außendurchmesser **219** von 450 µm. Andere Trokar-Ausführungsbeispiele haben einen starren, hohlen Schaft mit einem Außendurchmesser **219** von 250 ljm. Der Innendurchmesser **218** ist vorzugsweise größer als eine größte Querdimension **306** einer Verbundmikrokanüle, die eingerichtet ist, gleitend durch das Lumen hindurchführbar zu sein, beispielsweise größer als ein Außendurchmesser **306** des starren, hohlen Rohrs **302**, als eine größte Querdimension **306** entlang des Rohrs **302** und eine Außenbeschichtung **321**, die auf das Rohr aufgebracht ist, als eine größte Querdimension **306** entlang des hohlen Rohrs **302** und einem externen Lichtleiter **304** in Kontakt mit

dem Rohr, oder als ein Außendurchmesser **306** einer Hülse **29**, die das Rohr **302** umgibt.

**[0036]** Eine beispielhafte Ausgestaltung einer Verbundmikrokanüle **300** ist in **Fig. 6** in einer Draufsicht, in **Fig. 7** in einer Längsschnittdarstellung C - C und in den **Fig. 8 - Fig. 11** in alternativen Querschnittsdarstellungen gezeigt. Wie in den **Fig. 6**, **Fig. 7** und **Fig. 8** vorgeschlagen, kann der Lichtleiter **104** in einem Längsleerraum **303** angeordnet sein, der sich von dem proximalen Ende **310** zu dem distalen Ende **308** des flexiblen, hohlen Rohrs **302** erstreckt. Der Längsleerraum **303** innerhalb der Verbundmikrokanüle **300** kann auch als das Lumen **303** der Verbundmikrokanüle bezeichnet werden. Der Leerraum **303** kann als ein Fluidpfad **324** für ein in das flexible, hohle Rohr **302** eingeführtes Fluid dienen. Eine in die Verbundmikrokanüle eingeführte Ladung kann dem Fluidpfad **324** folgen, wenn sich die Ladung von dem proximalen Ende **310** zu dem distalen Ende **308** bewegt.

**[0037]** Der Lichtleiter **304** kann separat von dem flexiblen, hohlen Rohr ausgebildet sein, wie mit den vorhergehenden Beispielen vorgeschlagen. Alternativ kann ein Lichtleiter als eine Innenschicht des flexiblen, hohlen Rohrs **302** ausgebildet sein, wie in den Beispielen der **Fig. 31**, **Fig. 32** und **Fig. 33** gezeigt. Der Lichtleiter **304** kann als eine konzentrische Materialschicht benachbart zu dem Leerraum **303** in dem Verbundmikrokatheter **300** angeordnet sein. Ein Brechungsindex des Materials des Lichtleiters **304** unterscheidet sich vorzugsweise ausreichend von einem Brechungsindex des Materials des flexiblen, hohlen Rohrs **302**, um ein effizientes Einkoppeln von Licht von einer Lichtquelle zu dem distalen Ende **308** durch innere Reflexion durch den Lichtleiter zu ermöglichen. Die Materialschicht, die der Lichtleiter **304** bildet, kann durch Gießen, chemische Abscheidung oder durch mechanisches Einführen eines hohlen Rohrs in das flexible, hohle Rohr **302** gebildet werden. Obwohl die Figuren ein Beispiel eines Lichtleiters zeigen, der aus einer einzigen Materialschicht gebildet ist, kann der Lichtleiter alternativ aus mehreren Materialschichten gebildet sein, von denen jede einen ausgewählten Brechungsindex aufweisen kann oder alternativ mit einem Brechungsindex hergestellt sein kann, der mit dem Abstand von einem Rand des Lichtleiters variiert.

**[0038]** **Fig. 31**, **Fig. 32** und **Fig. 33** zeigen des Weiteren ein Beispiel eines Lichtstreuers **311**, der im Vergleich zu dem Außendurchmesser des Lichtstreuers **311** der Beispiele aus den **Fig. 6** und **Fig. 7** einen reduzierten Außendurchmesser **312** aufweist. Der Lichtstreuer **311** kann alternativ als ein abgerundetes Ende des flexiblen, hohlen Rohrs **302** ausgebildet sein, wo der Streuer einen Radius hat, der gleich der Hälfte des Durchmessers **313** des flexiblen, hohlen Rohrs ist.

**[0039]** Ein zweiter Lichtleiter und/oder andere fluide oder feste Ladungen können durch den Leerraum **303** geführt werden, der von dem Lichtleiter **304** umgeben ist. In manchen Ausführungsbeispielen umschließt der Lichtleiter **304** vollständig den Leerraum **303** in dem flexiblen, hohlen Rohr **302**. Alternativ kann der Lichtleiter den Leerraum nicht vollständig umschließen und beispielsweise als ein hohles Rohr ausgebildet sein, das in Längsrichtung in eine Hälfte, ein Viertel oder einen anderen Bruchteil eines vollständigen hohlen Rohrs gespalten ist.

**[0040]** Ein Außendurchmesser **306** der Verbundmikrokanüle **300** kann der größte Durchmesser an der Verbundmikrokanüle sein, beispielsweise der Durchmesser **312** aus **Fig. 6**. Der Außendurchmesser **306**, beispielsweise der größere unter dem Außendurchmesser **312** eines optischen Lichtstreuers **311** an dem distalen Ende **308** und dem Außendurchmesser **313** des hohlen Rohrs **302**, ist vorzugsweise kleiner als der Innendurchmesser **218** des Lumens **208** in dem Trokar **200**.

**[0041]** Das distale Ende **308** der Verbundmikrokanüle entspricht dem beleuchteten Ende **326**, wenn Licht, das auf das proximale Ende **310** des Lichtleiters **304** einfällt, von dem distalen Ende **308** reflektiert wird. Wie mit den **Fig. 6** und **Fig. 7** vorgeschlagen, kann das distale Ende **308** der Verbundmikrokanüle abgerundet sein, um ein Gewebetrauma zu reduzieren und Licht von dem Lichtstreuer **311** in viele Richtungen zu streuen, um die Sichtbarkeit des beleuchteten distalen Endes **326** verbessern. Der Außendurchmesser **112** des Lichtstreuers kann größer als der Außen-durchmesser **313** des hohlen Rohrs **302** sein. Alternativ können die Durchmesser (**312**, **313**) annähernd gleich sein.

**[0042]** Bei manchen Ausführungsbeispielen kann eine Länge eines flexiblen Segments **322** der Verbundmikrokanüle **300** um wenige Millimeter länger als eine Umfangslänge des Schlemm-Kanals sein. Die Umfangslänge des Schlemm-Kanals in einem menschlichen Auge beträgt etwa 36 mm. Bei manchen Ausführungsbeispielen für die Verbundmikrokanüle **300** kann die Länge des flexiblen Segments **322** größer als 40 mm (1,6 inch) sein. Eine Länge des flexiblen Segments **322** kann optional wesentlich länger als die Umfangslänge des Schlemm-Kanals sein, beispielsweise um es der Verbundmikrokanüle zu erlauben, mit einer Lichtquelle oder einer Fluideinspritzvorrichtung verbunden zu werden, oder um eine geeignete Länge außerhalb des proximalen Endes des Trokars zum Ergreifen der Verbundmikrokanüle mit Pinzetten oder Fingern bereitzustellen.

**[0043]** Alternativ kann die Länge des flexiblen Segments **322** der Verbundmikrokanüle **300** etwa 20 mm betragen, was eine Katheterisierung des Schlemm-Kanals in zwei Passagen erlaubt. Eine erste Passage

kann im Uhrzeigersinn durch etwa die Hälfte der Länge des Schlemm-Kanals verlaufen. Eine zweite Passage kann im Gegenuhrzeigersinn durch die andere Hälfte des Schlemm-Kanals verlaufen.

**[0044]** Bei dem Beispiel für eine Verbundmikrokanüle **300** aus **Fig. 8** ist der Lichtleiter **304** innerhalb des Längsleerraums **303** angeordnet. Der Lichtleiter hat einen kleineren Durchmesser als der Innendurchmesser **307** des flexiblen, hohlen Rohrs **302**. Der Außendurchmesser **306** der Verbundmikrokanüle **300** kann der Außendurchmesser des hohlen Rohrs **302** sein.

**[0045]** Bei dem Beispiel für eine Verbundmikrokanüle **300** aus **Fig. 9** ist der Lichtleiter **304** an der Außenfläche des flexiblen Rohrs **302** angeordnet, wodurch der Raum innerhalb des flexiblen Rohrs **302** zum Transport einer Ladung durch die Verbundmikrokanüle verfügbar bleibt. Bei dem Beispiel aus **Fig. 9** beinhaltet der Außendurchmesser **306** der Verbundmikrokanüle die Dimensionen des flexiblen Rohrs **302** und des Lichtleiters **304**.

**[0046]** **Fig. 10** und **Fig. 11** zeigen mehr Beispiele für eine Verbundmikrokanüle **300** in Übereinstimmung mit einer Ausgestaltung eines mikrochirurgischen Instruments **100**. Die beispielhafte Verbundmikrokanüle **300** aus **Fig. 10** positioniert den Lichtleiter **304** außerhalb des Leerraums **303** in dem flexiblen, hohlen Rohr **302**. Der Außendurchmesser **306** der Verbundmikrokanüle kann dem Außendurchmesser der Hülse **320** aus **Fig. 10** entsprechen. In **Fig. 11** ist ein Beispiel für eine Beschichtung **321** auf den Lichtleiter **304** und das flexible, hohle Rohr **302** aufgebracht worden. Der Außendurchmesser **306** entlang des flexiblen Segments der Verbundmikrokanüle beinhaltet die Dimensionen des hohlen Rohrs **302**, des Lichtleiters **304** und der äußeren Beschichtung **321**. Die beispielhaften Ausgestaltungen der **Fig. 10** und **Fig. 11** stellen beide den vollständigen Innendurchmesser **307** des hohlen Rohrs **302** zum Tragen einer Ladung durch den Längsleerraum **303** bereit.

**[0047]** Die Verbundmikrokanüle kann innerhalb des Lumens des Trokars angeordnet sein, um das distale Ende des Trokars zu beleuchten, während der Trokar in ein Auge eingeführt wird. **Fig. 12** und **Fig. 13** zeigen ein Beispiel für eine alternative Ausgestaltung einer Übergangsstruktur **214** und Beispiele für Positionen der Verbundmikrokanüle. In **Fig. 12** ist die Verbundmikrokanüle zum Beleuchten des distalen Endes **202** des starren, hohen Schafts **206** des Trokars angeordnet. Das distale Ende **308** der Verbundmikrokanüle, das in den Beispielen aus den **Fig. 12 - Fig. 13** ebenso das beleuchtete Ende **326** der Mikrokanüle ist, kann in dem Lumen des Trokars vorzugsweise in einem Versatzabstand **626** von dem distalen Ende **202** des Trokars installiert sein. Eine innere Reflexion in dem Trokar-Lumen verursacht, dass

Licht **614**, das von dem distalen Ende der Mikrokanüle abgegeben wird, aus dem distalen Ende des Trokars als Licht **612** austritt, das über einen großen Winkelbereich gestreut ist, was die Trokar-Spitze aus vielen verschiedenen Blickrichtungen sichtbar macht. Das beleuchtete distale Ende **220** des Trokars kann verwendet werden, um den genauen Ort der Spitze des Trokars innerhalb eines Augengewebes zu identifizieren. Beispielsweise zeigt eine wahrgenommene Helligkeitsänderung des emittierten Lichts **612**, die gonioskopisch durch das Trabekelwerk beobachtet werden kann, an, wenn das distale Ende des Trokars durch die Lederhaut hindurchgeführt und in den Schlemm-Kanal eingeführt worden ist.

**[0048]** Das Vorschieben des beleuchteten distalen Endes **326** der Verbundmikrokanüle aus dem Lumen in dem Trokar heraus verursacht einen gleichmäßigen Übergang von dem Beleuchten der Spitze des Trokars zu dem Beleuchten des Gewebes außerhalb des Trokars. Bei dem Beispiel aus **Fig. 13** kann das Licht **614**, das von dem beleuchteten distalen Ende **326** der Verbundmikrokanüle abgegeben wird, über einen großen Winkelbereich gestreut werden, wodurch die Position der Spitze der Verbundmikrokanüle innerhalb eines Auges exakt angezeigt wird.

**[0049]** Manche alternative Ausführungsbeispiele für eine Verbundmikrokanüle umfassen zwei Lichtleiter, wie bei den Beispielen aus den **Fig. 14 - Fig. 17** gezeigt. Bei dem Beispiel für eine Verbundmikrokanüle **300** aus **Fig. 14** sind ein erster Lichtleiter **304** und ein zweiter Lichtleiter **412** innerhalb des Lumens **303** des hohlen Rohrs **302** angeordnet. Bei dem Beispiel aus **Fig. 15** kann der erste Lichtleiter **304** außerhalb des Lumens **303** des hohlen Rohrs **302** sein und der zweite Lichtleiter **412** kann innerhalb sein. Bei dem Beispiel aus **Fig. 16** können beide Lichtleiter wie in **Fig. 15** angeordnet sein, mit einer Außenhülse **320**, die das flexible, hohle Rohr **302** und den ersten Lichtleiter **304** umgibt. Bei dem Beispiel aus **Fig. 17** können beide Lichtleiter wie in **Fig. 15** angeordnet sein, aber eine äußere Beschichtung **321** ist auf den ersten Lichtleiter **304** und das flexible, hohle Rohr **302** aufgebracht.

**[0050]** Manche Ausführungsbeispiele für ein mikrochirurgisches Instrument umfassen einen Positionierer zum Versetzen der Verbundmikrokanüle relativ zu dem Trokar. Ein Blockschaltbild eines alternativen Ausführungsbeispiels für ein mikrochirurgisches Instrument **100** mit einem Positionierer ist in dem Beispiel aus **Fig. 18** gezeigt. Der Positionierer **400** kann ein Handstück **420** aufweisen, das einen Mikrokanülen-Versetzmechanismus **425** hält, der eingerichtet ist, die Verbundmikrokanüle **300** aus dem Trokar **200** aufzufahren und optional einzufahren. Der Trokar **200** kann an einer Trokar-Aufnahme **422** befestigt sein, beispielsweise einer Aufnahme für das Luer-Fitting an dem Trokar. Die Verbundmikrokanüle

kann durch eine hohle Hülse **433** verlaufen, die zwischen der Trokar-Aufnahme **422** und dem Mikrokanülen-Versetzmechanismus **425** angeordnet ist. Die hohle Hülse **433** kann das gleichmäßige Ausfahren und Einfahren der Verbundmikrokanüle durch Reduzieren eines Knickens oder Abknickens des flexiblen Teils der Verbundmikrokanüle innerhalb des Positionierer **400** verbessern, wenn der Mikrokanülen-Versetzmechanismus **425** betrieben wird. Ein Aktuator **424**, der mechanisch mit dem Mikrokanülen-Versetzmechanismus **425** verbunden ist, ermöglicht eine manuelle Steuerung der aus dem distalen Ende des Trokars ausgefahrenen Länge der Verbundmikrokanüle.

**[0051]** Eine optionale Lichtquelle **328** kann innerhalb des Positionierers **400** vorhanden sein. Eine Lichtausgabe von der Lichtquelle **328** kann in den Mikrokanülen-Verbinder **314** eingekoppelt werden, der an der Verbundmikrokanüle **300** befestigt ist. Der Mikrokanülen-Verbinder **314** kann optional eingerichtet sein, Licht von einer externen Lichtquelle **330** zu empfangen. In manchen Ausführungsbeispielen kann die Lichtquelle **328** angeordnet sein, um Licht durch den zweiten Lichtleiter **412** in das Lumen des Trokars **200** zu übertragen, möglicherweise durch die zwischenliegende Trokar-Aufnahme **422**.

**[0052]** Der Mikrokanülen-Verbinder **314** kann optional eine Fluidverbindung zu einem Fluidinjektor **446** bereitstellen, der angeordnet ist, ein Fluid von einem Fluidreservoir **442** innerhalb des Handstücks **420** zu der Verbundmikrokanüle **300** zu übertragen. Der Mikrokanülen-Verbinder **314** kann alternativ mit einem externen Fluidinjektor **448** verbunden sein, der eingerichtet ist, ein Fluid von einem externen Fluidreservoir **444** in die Verbundmikrokanüle **300** zu bewegen.

**[0053]** **Fig. 19** und **Fig. 20** zeigen manche Details eines Beispiels für eine Ausgestaltung eines mikrochirurgischen Instruments **100**, das einen Positionierer **400** aufweist. Der Trokar-Verbinder **222** an dem proximalen Ende des Trokars **200** ist mit der Trokar-Aufnahme **422** an dem distalen Ende **418** des Positionierers **400** verbunden. Die Trokar-Aufnahme **422** kann als integrales Teil des Handstücks **420** ausgebildet sein oder kann alternativ separat von dem Handstück ausgebildet und stark an diesem befestigt sein. Ein Aktuator **424** greift entlang einer Aktuatoröffnung **428** gleitend in das Handstück **420** ein, um die Verbundmikrokanüle aus dem Trokar aufzufahren. Der Aktuator kann an einem Führungsblock **426** befestigt oder alternativ als ein integraler Teil davon ausgebildet sein, der eingerichtet ist, innerhalb des Handstücks **420** entlang einer Führungsrippe **430** zu folgen.

**[0054]** Eine hohle Hülse **433** kann an ihrem proximalen Ende mit dem Führungsblock **426** und an ihrem distalen Ende mit dem Trokar **200** verbunden sein. Eine Verbundmikrokanüle (nicht sichtbar in den **Fig. 19** - **Fig. 20**) kann innerhalb der hohlen Hülse **433** ange-

ordnet sein. Die hohle Hülse kann ein fixiertes Segment **436**, das an dem Trokar **200** befestigt ist oder alternativ als ein integraler Teil davon ausgebildet ist, und ein bewegbare Segment **434**, das mit dem Aktuatorblock **426** verbunden ist, aufweisen, wobei die Länge **438** der hohlen Hülse **433** sowohl das fixierte als auch das bewegbare Segment beinhaltet. Das fixierte und das bewegbare Segment der hohlen Hülse **433** können alternativ als eine hohle kollabierbare und aufweitbare Balghülse mit zusammengefalteten Seiten realisiert sein. Die Länge **438** der hohlen Hülse **433** kann mit einer Versetzung der Verbundmikrokanüle **300** relativ zu den Trokars **200** variieren.

**[0055]** Eine Endkappe **440** kann das proximale Ende **416** des Positionierers **400** verschließen. Die Endkappe **440** kann mit einer Kappenöffnung **482** ausgebildet sein, um es der Verbundmikrokanüle zu ermöglichen, aus dem proximalen Ende **416** ausgefahren zu werden.

**[0056]** **Fig. 21** und **Fig. 22** zeigen ein Beispiel für einen Ort eines Trokar-Eintrittspunkts an einem Auge und für ein Ausfahren der Verbundmikrokanüle, um dem umlaufenden Pfad des Schlemm-Kanals zu folgen. **Fig. 21** und **Fig. 22** sind beide bildliche Darstellungen des Positionierers **400** in derselben Position und Orientierung relativ zu einem Auge **1000**. Andere Teile des annähernd kugelförmigen Auges **1000**, die in den Figuren in vereinfachter Form gezeigt sind, beinhalten die Lederhaut **1002**, die Iris **1006**, die Pupille **1016** und den umlaufenden Pfad des Schlemm-Kanals **1010** in der Nähe des Limbus des Auges. Der Schlemm-Kanal **1010** umfasst einen porösen, annähernd ringförmigen Ablaufkanal, der ein Kammerwasser empfängt, das durch das Trabekelwerk in der Nähe des Außenrand der Iris fließt. Der Schlemm-Kanal ist in den Figuren mit einer verdeckten Linie gekennzeichnet, um die annähernde Position des Kanals hinter der Außenfläche der Lederhaut **1002** darzustellen. Die Hornhaut (Cornea), die sich nach außen in Richtung des Betrachters über die Iris **1006** erstreckt, kann als in den **Fig. 21** und **Fig. 20** vorhanden betrachtet werden, ist jedoch transparent und nicht gekennzeichnet. Eine Mitte **1018** der Pupille **1016** zeigt ebenso die annähernde Mitte der Iris **1006** an.

**[0057]** Bei dem Beispiel aus den **Fig. 21** und **Fig. 22** ist das distale Ende **202** des Trokars **200** an einem bevorzugten Trokar-Eintrittspunkt **606** in die Lederhaut **1002** eingeführt worden, wodurch die Lederhaut mit einem kleinen Loch punktiert worden ist, das einen Durchmesser aufweist, der etwa derselbe ist wie der Außendurchmesser des starren, hohen Schafts **206**. Der Trokar kann in eine Richtung **610** entlang einer Linie **604** tangential zu dem Schlemm-Kanal vorgeschoben werden. Bei dem Beispiel aus **Fig. 21** ist das distale Ende **202** des Trokars **200** angeordnet, als wenn es gerade das Innere des Schlemm-

Kanals **1010** eingetreten ist. Die Position des distalen Endes des Trokars ist durch Licht **612** sichtbar gemacht, das von dem Lumen des Trokars abgestrahlt wird. Bei manchen Ausführungsbeispielen **100** ist das Licht **612** von dem distalen Ende eines Lichtleiters abgegeben worden, wobei das Ende des Lichtleiters um einen ausgewählten Abstand **626** zu dem distalen Ende des Trokar-Lumens **208** versetzt ist (siehe **Fig. 12**). Licht **612**, das aus dem Inneren des Schlemm-Kanals durch die Lederhaut strahlt, kann außerhalb des Auges wie ein heller Fleck an dem Äußeren des Auges aussehen, und dieses Licht, das aus dem Inneren des Schlemm-Kanals durch das Trabekelwerk strahlt, kann wie ein gut definierter heller Fleck aussehen, der über der vorderen Augenkammer des Auges sichtbar ist. Der helle Fleck ist eine visuelle Anzeige der genauen Position des distalen Endes **202** des Trokars **200**. Licht **612**, das von dem Ende des Trokars abgegeben wird, und Licht **614**, das von dem Ende der Verbundmikrokanüle abgegeben wird, sind durch kurze Wellenlinien in den Figuren gekennzeichnet. Ein Gonioprisma kann verwendet werden, um die hellen Flecken zu betrachten, die die Positionen des Trokars und der Verbundmikrokanüle kennzeichnen.

**[0058]** Ein Beispiel für einen bevorzugten Eintrittspunkt **606** des Trokars **200** durch die Lederhaut ist in **Fig. 21** entlang einer Linie **604** gezeigt, die tangential zu dem Schlemm-Kanal ist. Der Eintrittspunkt **606** des Trokars **200** in die Lederhaut **1002** kann um einen vorgegebenen Abstand versetzt zu dem Limbus an der tangentialen Linie **604** angeordnet sein. Der Versetzausstand kann ausgebildet sein, um zu verursachen, dass der Trokar in das Innere des Schlemm-Kanals eintritt, wenn er an dem bevorzugten Eintrittspunkt **606** eingeführt wird, mit dem Schaft **206** des Trokars parallel zu der tangentialen Linie. Ein Instrument zum Markieren eines Trokar-Eintrittspunkts kann verwendet werden, um die Oberfläche eines Auges mit dem bevorzugten Eintrittspunkt **606** und einer Richtung zum Vorschieben des Trokars entlang einer tangentialen Linie **604** zu markieren, wie detaillierter mit Bezug auf die **Fig. 26 - Fig. 29** erläutert wird.

**[0059]** Der Aktuator **424** des Beispiels für einen Positionierer **400** ist in **Fig. 21** in der Nähe des proximalen Endes des Bewegungsbereichs des Aktuators gezeigt. Wenn der Aktuator von seiner Position in **Fig. 21** in eine distale Richtung zu der in **Fig. 22** gezeigten Position bewegt wird, verursacht der Mikrokanülen-Versetzmechanismus **425**, der die Beispiele für den Aktuatorblock **426** und die hohle Hülse **433** des Ausführungsbeispiels für den Positionierer **400** aus **Fig. 20** aufweisen kann, dass die Verbundmikrokanüle aus dem distalen Ende des Trokars ausfährt. Das Beispiel für einen Versetzausstand **630** aus **Fig. 22** entspricht einer Länge des Abschnitts der Verbundmikrokanüle, das durch Bewegung des Ak-

tuitors **424** aus dem distalen Ende des Trokars ausgefahren worden ist.

**[0060]** Bei dem Beispiel aus **Fig. 22** folgt das Segment der Verbundmikrokanüle, das aus dem distalen Ende **202** des Trokars **200** ausgefahren ist, von dem Trokar-Eintrittspunkt **606** aus im Gegenuhrzeigersinn **611** dem umlaufenden Pfad des Schlemm-Kanals **1010**. Licht **614**, das von dem distalen Ende der Verbundmikrokanüle **300** abgegeben wird, kann durch die Lederhaut hindurch als ein kleiner Lichtfleck zu sehen sein, der exakt die Position des distalen Endes der Verbundmikrokanüle anzeigt. Alternativ kann die Verbundmikrokanüle dem Schlemm-Kanal durch eine Neuausrichtung des Positionierers **400** im Gegenuhrzeigersinn folgen. Sollte die Verbundmikrokanüle von einem bevorzugten Pfad abweichen, beispielsweise den Schlemm-Kanal verlassen und in einen Kollektorkanal eintreten, wird die Pfadänderung wegen der beleuchteten Spitze der Mikrokanüle schnell sichtbar.

**[0061]** Der Positionierer **400** kann relativ zu dem Auge **1000** stationär verbleiben, während sich die Verbundmikrokanüle durch den Schlemm-Kanal oder andere Teile des Auges bewegt. Der Positionierer **400** kann die Verbundmikrokanüle relativ zu dem Auge stationär halten, beispielsweise während eine Ladung durch die Verbundmikrokanüle einem Zielbereich in dem Auge zugeführt wird. Obwohl die Beispiele für einen Trokar in den **Fig. 19 - Fig. 22** keine Fingergriffe aufweisen, sind die Beispiele ebenso auf einen Trokar mit Fingergriffen anwendbar. Ein Fingergriff kann verwendet werden, um den Positionierer festzulegen, beispielsweise durch Halten des Fingergriffs an einer Patientenhaut mittels eines Klebebands oder einer zeitweiligen Naht.

**[0062]** Manche Ausführungsbeispiele für einen Trokar sind ausgebildet, zwei Lichtleiter aufzunehmen. Einer der Lichtleiter kann in einer Verbundmikrokanüle enthalten sein, wie oben beschrieben. Der zweite Lichtleiter kann in einer weiteren Verbundmikrokanüle oder kann unabhängig von einer Verbundmikrokanüle vorhanden sein. Beispiele für einen Trokar, der für zwei Lichtleiter angepasst ist, sind in den **Fig. 23** und **Fig. 24** gezeigt. Bei dem Beispiel aus **Fig. 23** ist die Verbundmikrokanüle **300** mit ihrem distalen Ende **308** aus dem distalen Ende **202** des Trokars **200** ausgefahren und mit Licht **614** gezeigt, das von dem Lichtleiter in der Verbundmikrokanüle emittiert wird. Ein optionaler zweiter Lichtleiter **412** ist ebenso in dem Lumen des Trokars **200** angeordnet, wobei das distale Ende **413** des zweiten Lichtleiters **412** innerhalb des Trokars verbleibt, wobei Licht **612** von dem distalen Ende des Trokars abgestrahlt wird. Wie in **Fig. 24** vorgeschlagen, können die beiden Lichtleiter optional selektiv das distale Ende **202** des Trokars **200** allein, das distale Ende **326** der Verbundmikrokanüle allein oder beides beleuchten, entweder se-

quenziell oder gleichzeitig. Das emittierte Licht (**612**, **614**) kann optional eine Wellenlänge und/oder Intensität aufweisen, die für ein nicht unterstütztes menschliches Auge unsichtbar ist.

**[0063]** Eine optionale Kamera **616** kann vorhanden sein, um Bilder des emittierten Lichts (**612**, **614**) aufzunehmen, das von dem Trokar und/oder der Mikrokanüle das Augengewebe passiert. Die Positionen der Verbundmikrokanüle und des Trokars können in einem Bild der Kamera **616**, das auf einem Computermonitor, einem Smartphonedisplay und/oder einem Instrumentendisplay dargestellt wird, sichtbar sein. Bei manchen Ausführungsbeispielen eines mikrochirurgischen Instruments **100** können die Verbundmikrokanüle **300** und der zweite Lichtleiter **412** beide Licht von derselben Lichtquelle empfangen. Die Verbundmikrokanüle kann vorgeschnitten werden, bis sie einen Zielbereich **1014** erreicht, beispielsweise einen Bereich, der von einer Verstopfung oder Verengung befreit werden soll, oder einem Bereich, dem eine Ladung durch die Verbundmikrokanüle zugeführt werden soll.

**[0064]** Fig. 25 zeigt ein Beispiel für eine Ladung **620**, die in dem Leerraum **303** innerhalb des flexiblen, hohen Rohrs **302** einer Verbundmikrokanüle **300** transportiert wird. Die Ladung kann dem Fluidpfad **324** durch die Verbundmikrokanüle folgen. Die Verbundmikrokanüle kann daher verwendet werden, um die Ladung exakt in einem Zielbereich eines Auges zu positionieren. Die Ladung **620** kann ein festes Objekt **624**, ein Fluid **622**, beispielsweise ein Fluid, das ein Gas und/oder eine Flüssigkeit aufweist, oder sowohl ein festes Objekt als auch ein Fluid sein. Das Fluid kann optional verwendet werden, um ein festes Objekt **624** zu transportieren, oder eine lange feste Ladung kann in das proximale Ende der Verbundmikrokanüle gedrückt werden, bis die Ladung aus dem distalen Ende der Verbundmikrokanüle herausragt. Das Beispiel für eine Verbundmikrokanüle **300** aus Fig. 25 weist einen Lichtleiter **304** innerhalb des flexiblen, hohen Rohrs auf. Andere Ausführungsbeispiele für eine Verbundmikrokanüle **300**, die hierin offenbart sind, können ebenso zum Zuführen einer Ladung **620** verwendet werden.

**[0065]** Die Fig. 26, Fig. 27 und Fig. 28 zeigen ein Beispiel eines Instruments **800** zum Markieren eines Trokar-Eintrittspunkts, das auch als Markierschablone **800** bezeichnet wird. Das Markierinstrument kann verwendet werden, um ein Muster von tangentialen Linien auf der Lederhaut eines Auges auszubilden. Das Linienmuster markiert wenigstens einen und optional mehr als einen bevorzugten Trokar-Eintrittspunkt und wenigstens eine und optional mehr als eine bevorzugte Trokar-Einführrichtung zum Führen eines Trokars durch die Lederhaut in die innere Fluidpassage in dem Schlemm-Kanal. Das Markierinstrument **800** umfasst wenigstens ein Paar von Markierpads

**810**, **812**. Jedes Markierpad **810**, **812** ist vorzugsweise angeordnet, um eine Linie tangential zu dem Schlemm-Kanal auszubilden, wenn ein Rand **808** einer Sichtöffnung durch eine Nabe **806** konzentrisch zu der Pupille des Auges ist. Eine Farbe, die auf eine Kontaktfläche **814** von jedem Markierpad **810**, **812** aufgebracht ist, kann als sich schneidende Liniensegmente auf die Lederhaut **1002** übertragen werden, wenn die Kontaktflächen die Oberfläche des Auges berühren.

**[0066]** Die beiden Markierpads **810**, **812** von jedem Paar sind unter einem Winkel zueinander angeordnet, sodass der Schnittpunkt der beiden Liniensegmente, die auf dem Auge ausgebildet worden sind, den Ort des bevorzugten Trokar-Eintrittspunkts **606** markiert. Der Schnittpunkt der beiden Liniensegmente ist vorzugsweise um einen vorgegebenen Separierabstand **826** versetzt zu dem Limbus **1008** angeordnet, gemessen in einer radialen Richtung von der Mitte **1018** der Pupille. Der Limbus **1008** zeigt die grundlegende Position des Schlemm-Kanals **1010** mit ausreichender Genauigkeit für die Markierungen, die mittels der beiden Markierpads **810**, **812** ausgebildet worden sind, an, um die Einführposition und -richtung des distalen Endes des Trokars zum Einführen in den Schlemm-Kanal genau anzuzeigen. Der vorgegebene Separierabstand kann aus einer ausgewählten Länge von jedem auf dem Auge zu markierenden Liniensegment und aus der Anzahl von auf dem Auge zu markierenden separaten Trokar-Eintrittspunkten **606** ermittelt werden.

**[0067]** Die Paare aus den Pads **810**, **812** können mit einer zentralen Nabe **806** verbunden sein. Eine Handhabe **802** kann an der zentralen Nabe **806** befestigt sein. Die Pads **810**, **812** können direkt mit der Nabe verbunden sein oder können alternativ über einen zwischenliegenden radialen Arm **804** mit der Nabe verbunden sein. Das Beispiel für ein Instrument **800** zum Markieren eines Trokar-Eintrittspunkts aus Fig. 26 umfasst eine Nabe **806** mit sieben radialen Armen **804**. Ein erstes Markierpad **810** und ein zweites Markierpad **812**, das unter einem Winkel zu dem ersten Markierpad angeordnet ist, sind mit dem jeweiligen radialen Arm **804** verbunden. Ein alternatives Ausführungsbeispiel für eine Markierschablone **800** kann eine andere Anzahl von radialen Armen und Markierpads als in den Figuren gezeigt aufweisen.

**[0068]** Fig. 29 zeigt ein Beispiel für Trokar-Eintrittspunktmarkierungen, die mittels des Markierinstruments **800** aus den Fig. 26 - Fig. 28 an der Außenfläche eines Auges hergestellt worden sind. Bei dem Beispiel aus Fig. 29 ist die Iris **1006** als ein schattierter Bereich zwischen dem Rand der Pupille **1016** und dem Limbus **1008** dargestellt, mit dem Schlemm-Kanal **1010** nahe an dem Limbus. Der Limbus **1008**, der Schlemm-Kanal **1010** und der Rand der Pupille **1016** sind in Fig. 29 durch gestrichelte Linien dargestellt,

um diese Linien von Markierungen zu unterscheiden, die mit dem Instrument **800** hergestellt worden sind. Die Lederhaut **1002** ist in **Fig. 29** durch Bereiche außerhalb des Umfangs des Limbus **1008** dargestellt.

**[0069]** Jedes Paar aus Markerpads **810, 812** drückt ein entsprechendes Paar von Liniensegmenten **818, 820** tangential zu dem Schlemm-Kanal **1010**. Jedes Paar von Liniensegmenten **818, 820** trifft einen Schnittpunkt **822**, der einem Trokar-Eintrittspunkt **606** an der Lederhaut entspricht. Mehr als ein Eintrittspunkt **606** kann markiert werden, um eine Wahl eines Trokar-Einführpunkts zum Erreichen eines Zielbereichs in einem Auge bereitzustellen. Jeder Schnittpunkt **822** ist in einer radialen Richtung um einen vorgegebenen Separierabstand **826** versetzt zu dem Limbus **1008** angeordnet. Ein Punkt oder eine andere Markierung kann an jedem Schnittpunkt **822** angeordnet werden, um die Sichtbarkeit der Positionen der Trokar-Eintrittspunkte **606** zu verbessern.

**[0070]** Nachdem das Instrument **800** zum Markieren des Trokar-Eintrittspunkts das Muster aus sich schneidenden Liniensegmenten aus dem Beispiel aus **Fig. 29** auf die Oberfläche des Auges übertragen hat, kann einer der Schnittpunkte **822** zur Einführung des Trokars durch die Lederhaut ausgewählt werden. Das distale Ende **210** des Trokars **200** wird vorzugsweise in direktem Kontakt mit dem Schnittpunkt **822** an der Lederhaut angeordnet. Der Schaft **206** des Trokars wird vorzugsweise parallel zu einer der Liniensegmente **818, 820** ausgerichtet und der Trokar wird parallel zu dem Liniensegment in der Richtung von dem Schnittpunkt **822** zu dem Limbus **1008** vorangeschoben, bis beobachtet wird, dass das beleuchtete distale Ende **220** des Trokars in den Schlemm-Kanal **1010** eintritt. Nachdem der Trokar in den Schlemm-Kanal eingetreten ist, kann die Verbundmikrokanüle **300** aus dem Ende des Trokars ausgefahren werden, wie für die Beispiele der **Fig. 21** und **Fig. 22** beschrieben.

**[0071]** **Fig. 30** zeigt ein Beispiel für manche Schritte, die in einem Ausführungsbeispiel für ein Verfahren enthalten sind. Ein Verfahren in Übereinstimmung mit einem Ausführungsbeispiel **700** kann irgendeinen oder mehrere der folgenden Schritte in irgendeiner Kombination enthalten:

in Schritt **702**, Anordnen eines distalen Endes einer Verbundmikrokanüle innerhalb eines Lumens eines Trokars; und

in Schritt **704**, Auswählen einer Struktur in einem Auge zum Aufnehmen des Trokars. Der Schlemm-Kanal, ein Kollektorkanal und eine Blutader sind Beispiele für Strukturen, die ausgewählt werden können, aber es wird begrüßt, wenn Ausführungsbeispiele des mikrochirurgi-

schen Instruments **100** verwendet werden, um eine Verbundmikrokanüle in andere Kammern, Adern oder Kanäle in einem Auge oder einem anderen Organ einzuführen.

**[0072]** Das Beispiel für eine Verfahrensausgestaltung kann weiter aufweisen:

in Schritt **706**, Auswählen eines Trokar-Eintrittspunkts an einem Auge;

in einem optionalen Schritt **708**, Markieren eines Trokar-Eintrittspunkts mit einer Markierschablone, beispielsweise mit dem Instrument **800** zum Markieren eines Trokar-Eintrittspunkts gemäß dem Beispiel aus **Fig. 26**;

in Schritt **710**, Beleuchten des distalen Endes der Verbundmikrokanüle, wodurch das distale Ende des Trokars beleuchtet wird;

in Schritt **712**, Anordnen des Trokars an dem ausgewählten Trokar-Eintrittspunkt;

in Schritt **714**, Vorschlieben des Trokars von dem ausgewählten Trokar-Eintrittspunkt, bis beobachtet wird, dass das beleuchtete distale Ende des Trokars in die ausgewählte Struktur in dem Auge eintritt; und

in Schritt **716**, Ausfahren der Verbundmikrokanüle aus dem distalen Ende des Trokars in Richtung eines Zielbereichs in dem Auge, wobei von dem Beleuchten des distalen Endes des Trokars zu einem Beleuchten des Gewebes außerhalb des Trokars übergegangen wird. Beispiele für einen Zielbereich umfassen, ohne hierauf eingeschränkt zu sein, eine Kammer, eine Ader, einen Kanal oder einen mit einem Verstopfungsmaterial blockierten Kanal, und einen kollabierte oder verengten Raum, der vergrößert oder wieder geöffnet werden soll.

**[0073]** Die beispielhafte Verfahrensausgestaltung kann optional eines oder mehreres aufweisen aus:

Halten des distalen Endes der Verbundmikrokanüle stationär relativ zu dem Trokar;

Auswählen des Schlemm-Kanals als diejenige Struktur, in die das beleuchtete distale Ende des Trokars eingeführt werden soll;

Vorschlieben des Trokars von dem ausgewählten Trokar-Eintrittspunkt entlang einer Linie tangential zu dem Schlemm-Kanal;

Markieren des Trokar-Eintrittspunkts an einem Schnittpunkt von zwei Linien, wobei jede der beiden Linien tangential zu dem Schlemm-Kanal ist;

Positionieren der beiden tangentialen Linien, um sich in einem bevorzugten Abstand von dem Limbus eines Auges zu schneiden;

Zentrieren eines Markierinstruments über der Pupille eines Auges und Drücken des Markierinstruments gegen das Auge, um die beiden tangentialen Linien auf der Oberfläche des Auges zu markieren;

Markieren von mehr als einem Trokar-Eintrittspunkt jedes Mal, wenn das Markierinstrument gegen das Auge gedrückt wird;

Beleuchten des distalen Endes des Trokars mit einem weiteren Lichtleiter;

Einführen einer Ladung in eine Verbundmikrokanüle und Zuführen der Ladung zu einem Zielbereich;

Beleuchten des distalen Endes des Trokars mit einer elektromagnetischen Strahlung, die eine Wellenlänge aufweist, die für ein nicht unterstütztes menschliches Auge unsichtbar ist, und Beobachten des distalen Endes des Trokars mit einer Kamera, die empfindlich für die elektromagnetische Strahlung ist;

Zurückziehen der Verbundmikrokanüle durch den Trokar, während der Trokar an dem Trokar-Eintrittspunkt gehalten wird;

Einführen einer Ladung in die Verbundmikrokanüle;

Bewegen der Ladung durch die Verbundmikrokanüle zu dem Zielbereich;

Zurückziehen der Verbundmikrokanüle, während die Ladung in dem Zielbereich verbleibt;

Halten des Trokars stationär relativ zu dem Auge, nachdem das distale Ende des Trokars in die ausgewählte Struktur in dem Auge eingetreten ist.

**[0074]** Fig. 34, Fig. 35 und Fig. 36 zeigen ein weiteres Beispiel für ein mikrochirurgisches Instrument, das einen Positionierer aufweist, der zum Ausfahren und Einfahren einer Verbundmikrokanüle aus bzw. in das Lumen eines Trokars eingerichtet ist. Der Positionierer 400 ist zum Befestigen eines Trokars 200 an dem distalen Ende 418 eines Handstücks 420 eingerichtet. Die Verbundmikrokanüle 300 verläuft durch das Lumen des Trokars 300 und durch das Handstück 420, wobei die Mikrokanüle an einen Einsatz 488 gekoppelt ist, der gleitend in das Handstück 420 eingreift. Wie unten detaillierter beschrieben wird, verursacht das Gleiten eines Aktuators 424 in einem Schlitz 428 an dem Handstück 420 um eine ausgewählte Strecke 484 eine entsprechende Verlagerung der Verbundmikrokanüle mit Bezug auf das Ende des starren, holen Schafts 206 des Trokars um eine Strecke 486, die dem Zweifachen der Verlagerungsdistanz 484 des Aktuators entspricht. Der Trokar 200 und die Verbundmikrokanüle 300 können separat von dem Positionierer 400 vorhanden sein und können

zum Austausch entfernt werden, sollte entweder der Trokar oder die Mikrokanüle beschädigt, verunreinigt oder anderweitig unbrauchbar für eine spezielle Prozedur werden.

**[0075]** Manche innere Eigenschaften des beispielhaften Positionierers 400 aus Fig. 34 sind in zwei Querschnittsdarstellungen in Fig. 36 gezeigt. Der Schnitt H - H in Fig. 36 zeigt den Aktuator 424 zurückgezogen in Richtung des proximalen Endes 416 des Handstücks 420. Der Schnitt J - J zeigt den Aktuator vorgeschoben in Richtung des distalen Endes 418 des Handstücks 420. Die beiden Darstellungen des Handstücks 420 sind in Fig. 36 aufeinander bezogen, sodass die Positionen der inneren Komponenten zwischen den Querschnitten exakt verglichen werden können.

**[0076]** Der Einsatz 488 steht gleitend in Eingriff mit der Innenfläche eines Leerraums, der innerhalb des Handstücks 420 ausgebildet ist. Der Aktuator 424 bewegt sich entlang einer oder mehrere Führungsrippen 430. Ein U-förmiges, hohles Rohr 492, das an dem Aktuator 424 befestigt ist, bewegt sich mit dem Aktuator. Ein Einsatz-Verlagerungskabel 490 verläuft gleitend durch das Lumen des U-förmigen, hohlen Rohrs 492. Ein Ende des Einsatz-Verlagerungskabels 490 ist an dem Einsatz 488 fixiert. Das gegenüberliegende Ende des Einsatz-Verlagerungskabels 490 ist an einem Ankerstift 494 fixiert, der fest an dem Handstück 420 fixiert ist oder alternativ als ein integraler Teil desselben ausgebildet ist. Das Einsatz-Verlagerungskabel 490 ist vorzugsweise flexibel genug, um einfach um die Biegung in dem U-förmigen, hohlen Rohr 492 zu gleiten, jedoch steif genug, um den Einsatz 488 in eine distale Richtung (d. h. weg von dem Trokar 200) zu drängen, wenn der Aktuator in eine distale Richtung verlagert wird.

**[0077]** Da ein Ende des Einsatz-Verlagerungskabels 490 über den Ankerstift 494 an dem Handstück fixiert ist und das andere Ende des Kabels an dem Einsatz 488 fixiert ist, verursacht eine gleitende Verlagerung des Aktuator 424 entlang des Handstücks um eine Strecke „d“ 484, dass das U-förmige, hohle Rohr 492 um dieselbe Strecke „d“ verlagert wird und der Einsatz 488 zweimal soweit ( $2 \times b$ ) verlagert wird, was in den Figuren durch eine relative Verlagerung 486 des Einsatzes zwischen den Querschnitten H - H und K - K gezeigt ist. Die Verbundmikrokanüle 300 ist ausreichend stark an den Einsatz 488 gekoppelt, um die Verbundmikrokanüle relativ zu dem Einsatz stationär zu halten, wenn der Aktuator relativ zu dem Handstück bewegt wird. Da sich der Einsatz um das Zweifache der Verlagerungsstrecke 484 des Aktuators bewegt, bewegt sich ebenso die Verbundmikrokanüle um das Zweifache der Verlagerungsstrecke 484 des Aktuators. Ein Bewegen des Aktuators annähernd um eine Strecke „d“ 484 fährt die Verbundmikrokanüle um eine Strecke „ $2 \times b$ “ 486 aus dem Trokar aus. Ein dista-

les Bewegen des Aktuators um eine Strecke „d“ fährt die Verbundmikrokanüle um eine Strecke „ $2 \times d$ “ ein.

**[0078]** Die Verbundmikrokanüle **300** kann durch eine hohle Hülse verlaufen, die ein fixiertes Segment **436** aufweist, das an dem starren, holen Schaft **206** des Trokars **200** befestigt ist oder alternativ als ein integraler Teil davon ausgebildet ist. Ein bewegliches Segment **434** der hohlen Hülse steht an einem Ende in gleitendem Eingriff mit dem fixierten Segment **436** und ist an dem anderen Ende an dem Einsatz **488** befestigt. Die hohle Hülse begrenzt eine Querablenkung der Verbundmikrokanüle, wenn der Aktuator vorgeschoben und zurückgezogen wird, was bewirkt, dass die Verbundmikrokanüle ausgefahren und eingezogen wird, ohne ein Knicken oder signifikantes Biegen innerhalb des Handstücks.

**[0079]** Wie mit dem Beispiel aus **Fig. 36** vorgeschlagen, kann die Verbundmikrokanüle **300** sich von dem proximalen Ende **416** des Positionierers **400** und dem Einsatz **488** nach außen erstrecken. Der sich proximal erstreckende Abschnitt der Verbundmikrokanüle kann eingerichtet sein, feste und/oder flüssige Ladungen, chirurgische Instrumente und einen oder mehrere optische Fasern aufzunehmen, wie oben beschrieben.

**[0080]** Solange nicht anderweitig hierin explizit erwähnt, weisen übliche Begriffe ihre zugehörigen üblichen Bedeutungen innerhalb des jeweiligen Kontextes ihrer Präsentation auf, und übliche Begriffe des Standes der Technik weisen ihre zugehörigen regulären Bedeutungen auf.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- US 62/574136 [0001]

**Patentansprüche****1. Vorrichtung, aufweisend:**

- einen Trokar, der einen starren Schaft mit einem proximalen Ende und einem distalen Ende aufweist, wobei der starre Schaft mit einem Lumen ausgebildet ist, das sich von dem proximalen Ende zu dem distalen Ende erstreckt, wobei das distale Ende zur Gewebedurchdringung ausgebildet ist; und
- eine in dem Lumen angeordnete Verbundmikrokanüle, aufweisend:  
ein flexibles, hohles Rohr, das einen Außendurchmesser aufweist, der kleiner als ein Innendurchmesser des Lumens ist; und  
einen Lichtleiter, der an das flexible, hohle Rohr gekoppelt ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, weiter aufweisend einen Positionierer, der eingerichtet ist, die Verbundmikrokanüle zu halten.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Positionierer eingerichtet ist, die Verbundmikrokanüle relativ zu dem Trokar zu verlagern.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, wobei der Positionierer eingerichtet ist, die Verbundmikrokanüle relativ zu dem Trokar stationär zu halten.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, weiter aufweisend eine hohle Hülse, wobei die Verbundmikrokanüle durch die hohle Hülse verläuft.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei eine Länge der hohen Hülse sich mit einer Verlagerung der Verbundmikrokanüle relativ zu dem Trokar ändert.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei die Verbundmikrokanüle an dem Positionierer befestigt ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei der Positionierer für einen gleitenden Kontakt mit der Verbundmikrokanüle eingerichtet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, weiter aufweisend eine Lichtquelle, die angeordnet ist, um Licht zum Beleuchten eines distalen Endes des Lichtleiters in den Lichtleiter zu richten.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, weiter aufweisend einen zweiten Lichtleiter, der angeordnet ist, um das distale Ende des Trokars zu beleuchten.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, weiter aufweisend einen geglätteten distalen Rand des Lumens.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei ein proximales Ende der Verbundmikrokanüle in Fluidverbindung mit einem distalen Ende der Verbundmikrokanüle ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, weiter aufweisend ein Reservoir für ein Fluidmaterial, wobei das Reservoir in Fluidverbindung mit dem flexiblen, hohlen Rohr ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, weiter aufweisend einen Injektor in Fluidverbindung mit dem flexiblen, hohlen Rohr.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Verbundmikrokanüle eingerichtet ist, eine feste Ladung in das flexible, hohle Rohr einzulassen.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei der Lichtleiter eine Materialschicht aufweist, die konzentrisch um einen Leerraum innerhalb des flexiblen, hohlen Rohrs angeordnet ist.

17. Trokar für ophthalmische Operationen, aufweisend:

- einen starren, hohlen Schaft mit einem distalen Ende, das zur Gewebedurchdringung ausgebildet ist, wobei der Schaft mit einem Lumen ausgebildet ist, das sich von dem distalen Ende zu einem proximalen Ende des Schaft erstreckt;
- eine Übergangsstruktur, die an dem proximalen Ende befestigt ist, wobei die Übergangsstruktur mit einer Öffnung ausgebildet ist, die es erlaubt, eine Verbundmikrokanüle innerhalb des Lumens anzurufen;
- eine Lichtquelle, die angeordnet ist, um das distale Ende zu beleuchten; und
- einen geglätteten Rand des Lumens.

18. Trokar nach Anspruch 17, weiter aufweisend einen Fingergriff, der sich von der Übergangsstruktur nach außen erstreckt.

19. Verfahren, aufweisend:

- Anordnung eines distalen Endes einer Verbundmikrokanüle innerhalb eines Lumens eines Trokars;
- Beleuchten des distalen Endes der Verbundmikrokanüle, wobei ein distales Ende des Trokars beleuchtet wird;
- Auswählen eines Trokar-Eintrittspunktes an einem Auge und Positionieren des Trokars an dem ausgewählten Trokar-Eintrittspunkt;
- Vorschieben des Trokars an dem ausgewählten Trokar-Eintrittspunkt, bis beobachtet wird, dass das beleuchtete distale Ende des Trokars in eine ausgewählte Struktur in dem Auge eintritt; und
- Ausfahren der Verbundmikrokanüle aus dem distalen Ende des Trokars in Richtung eines Zielbereichs in dem Auge, wodurch das Beleuchten des distalen

Endes des Trokars in ein Beleuchten eines Gewebes außerhalb des Trokars übergeht.

20. Verfahren nach Anspruch 19, weiter aufweisend ein Halten des distalen Endes der Verbundmikrokanüle stationär relativ zu dem Trokar.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, weiter aufweisend ein Markieren des Trokar-Eintrittspunkts mit einem Instrument zum Markieren eines Trokar-Eintrittspunkts.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19-21, weiter aufweisend ein Auswählen des Schlemm-Kanals als diejenige Struktur in dem Auge, in die das beleuchtete distale Ende des Trokars einzuführen ist.

23. Verfahren nach Anspruch 22, weiter aufweisend ein Vorschieben des Trokars von dem ausgewählten Trokar-Eintrittspunkt entlang einer Linie tangential zu dem Schlemm-Kanal.

24. Verfahren nach Anspruch 23, weiter aufweisend ein Versetzen des Trokar-Eintrittspunkts zu dem Schlemm-Kanal um eine bestimmte Strecke entlang der Linie tangential zu dem Schlemm-Kanal.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, weiter aufweisend ein Beleuchten des distalen Endes des Trokars mit einem anderen Lichtleiter.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 25, weiter aufweisend ein Einführen einer Ladung in die Verbundmikrokanüle und ein Zuführen der Ladung zu dem Zielbereich.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 26, weiter aufweisend ein Beleuchten des distalen Endes des Trokars mit einer elektromagnetischen Strahlung, die eine Wellenlänge aufweist, die für ein nicht unterstütztes menschliche Auge unsichtbar ist, und ein Beobachten des distalen Endes des Trokars mit einer Kamera, die empfindlich für die elektromagnetische Strahlung ist.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 27, weiter aufweisend ein Zurückziehen der Verbundmikrokanüle durch den Trokar, während der Trokar an dem Trokar-Eintrittspunkt gehalten wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 28, weiter aufweisend ein Halten des Trokars stationär relativ zu dem Auge, nachdem das distale Ende des Trokars in die ausgewählte Struktur in dem Auge eingetreten ist.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 29, weiter aufweisend:

- Einführen einer Ladung in die Verbundmikrokanüle;

- Bewegen der Ladung durch die Verbundmikrokanüle zu dem Zielbereich; und

- Zurückziehen der Verbundmikrokanüle, während die Ladung in dem Zielbereich verbleibt.

31. Verfahren nach Anspruch 30, wobei die Ladung Materialien für eine Gentherapie enthält.

32. Verfahren nach Anspruch 30, wobei die Ladung Stammzellen enthält.

33. Verfahren nach Anspruch 30, wobei die Ladung ein fluidbasiertes Medikament enthält.

34. Verfahren nach Anspruch 30, wobei die Ladung ein Medikamenteluiierendes Material enthält.

35. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1-16, aufweisend:

- ein Handstück;
- einen Aktuator, gleitend an das Handstück gekoppelt;
- einen Einsatz, gleitend an das Handstück gekoppelt;
- ein hohles Rohr, das an dem Aktuator befestigt ist; und
- ein Kabel, das durch das hohle Rohr verläuft, wobei ein erstes Ende des Kabels an dem Handstück befestigt ist und ein zweites Ende des Kabels an dem Einsatz befestigt ist.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, weiter aufweisend einen Trokar, der an dem Handstück befestigt ist.

37. Vorrichtung nach Anspruch 36, weiter aufweisend eine Verbundmikrokanüle, die durch ein Lumen des Trokars verläuft und an den Einsatz gekoppelt ist.

38. Vorrichtung nach Anspruch 37, weiter aufweisend:

- der Trokar umfasst einen starren, hohlen Schaft; und
- eine bewegbare Hülse, die in gleitenden Eingriff mit dem starren, hohlen Schaft steht, wobei die bewegbare Hülse an dem Einsatz befestigt ist und die Verbundmikrokanüle durch die bewegbare Hülse verläuft.

39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34-38, wobei das hohle Rohr im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist.

Es folgen 22 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

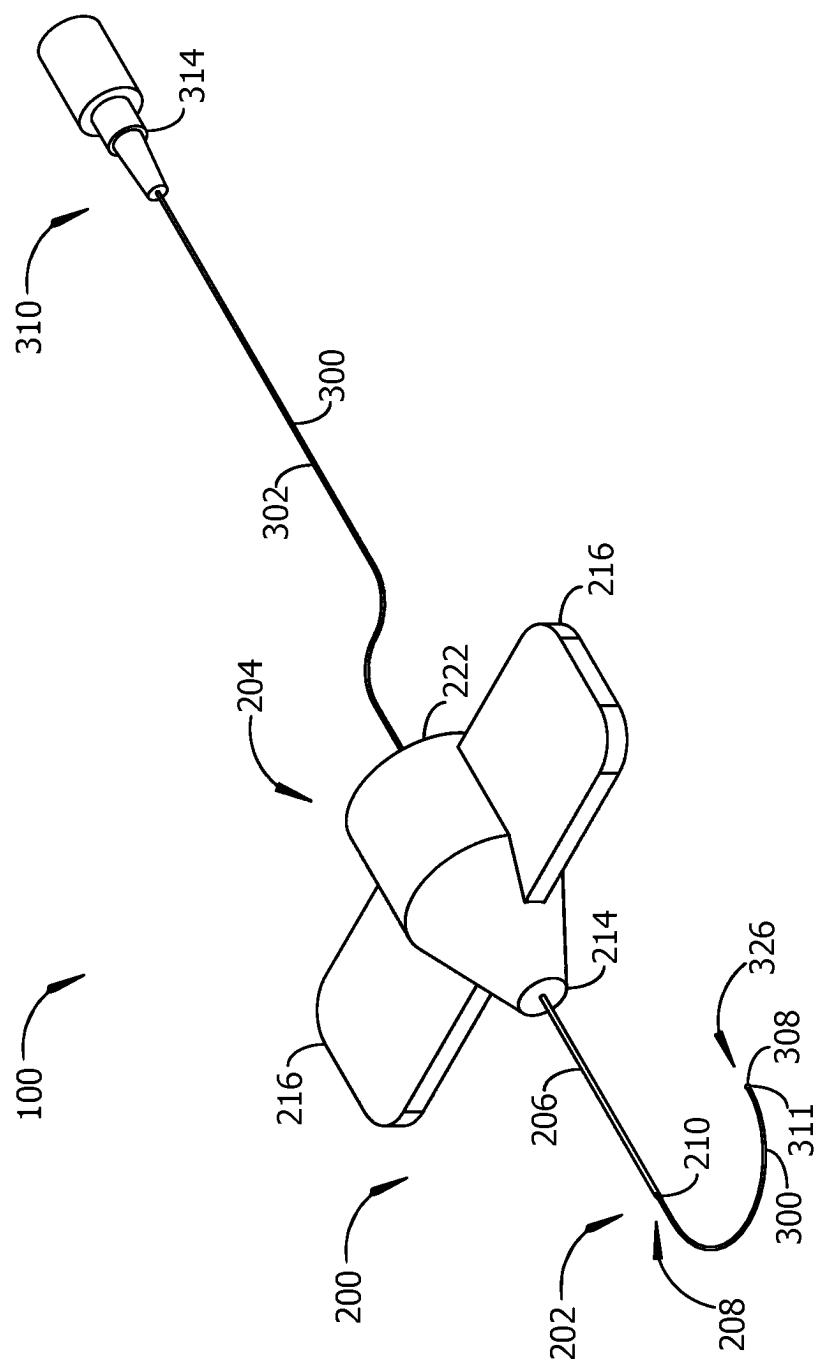


Fig. 1

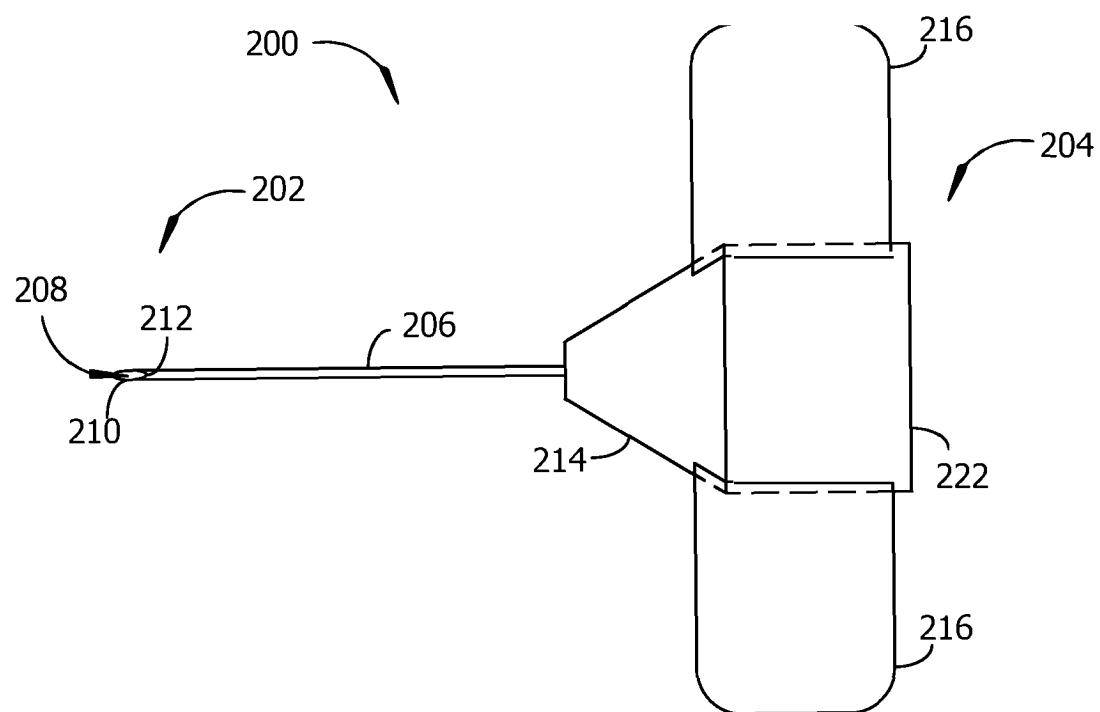


Fig. 2

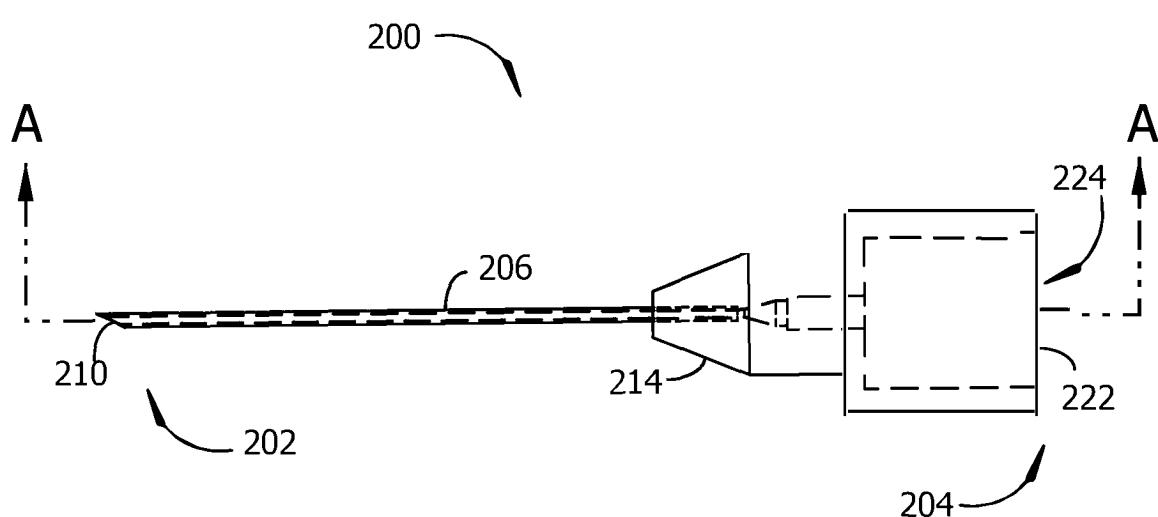
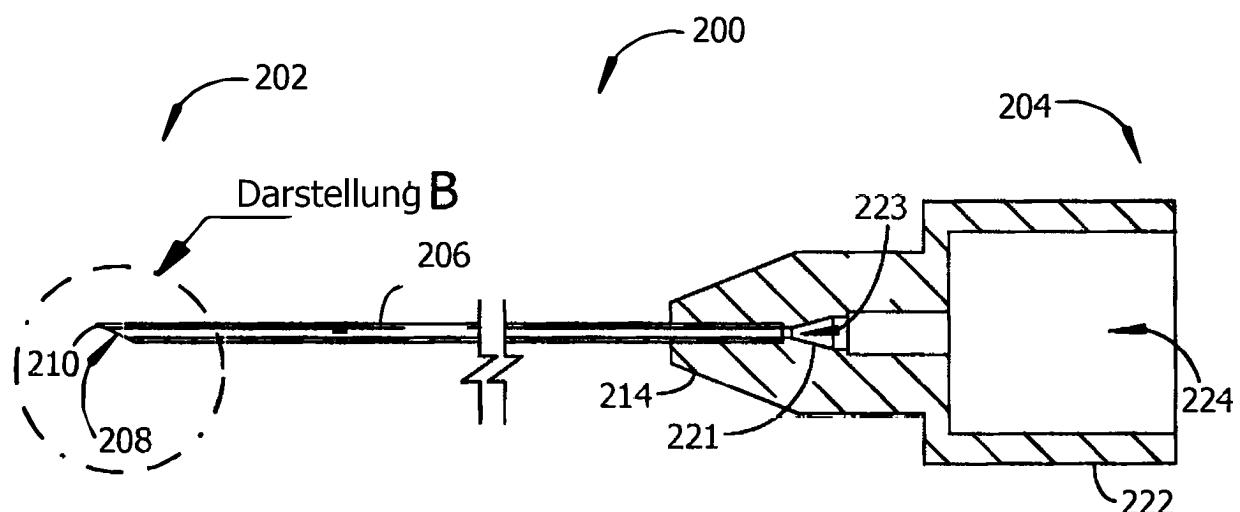
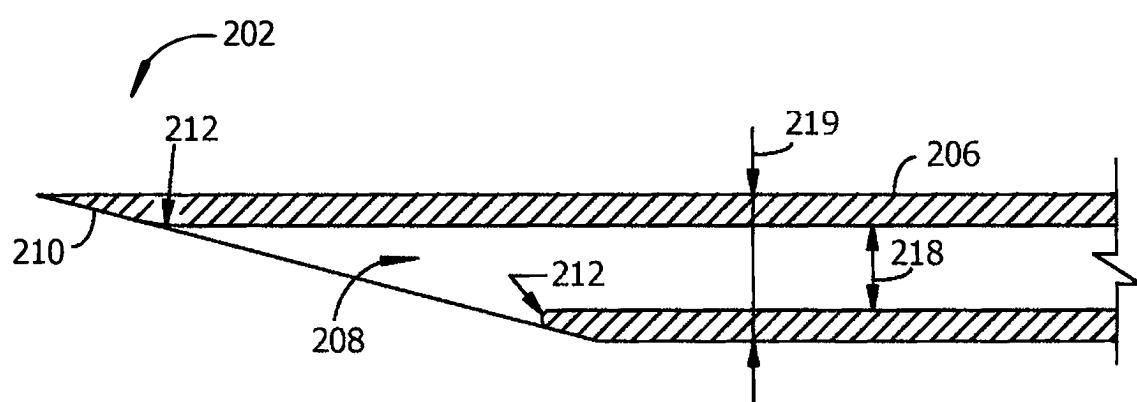


Fig. 3



Schnitt A - A  
Fig. 4



Darstellung B  
Fig. 5

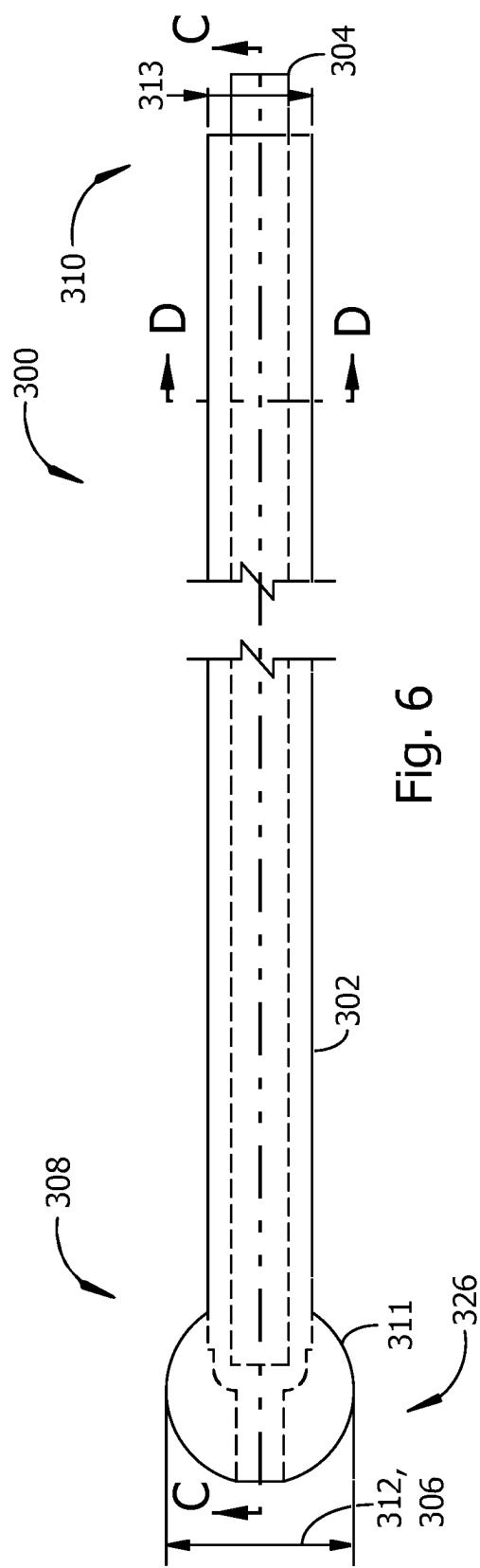
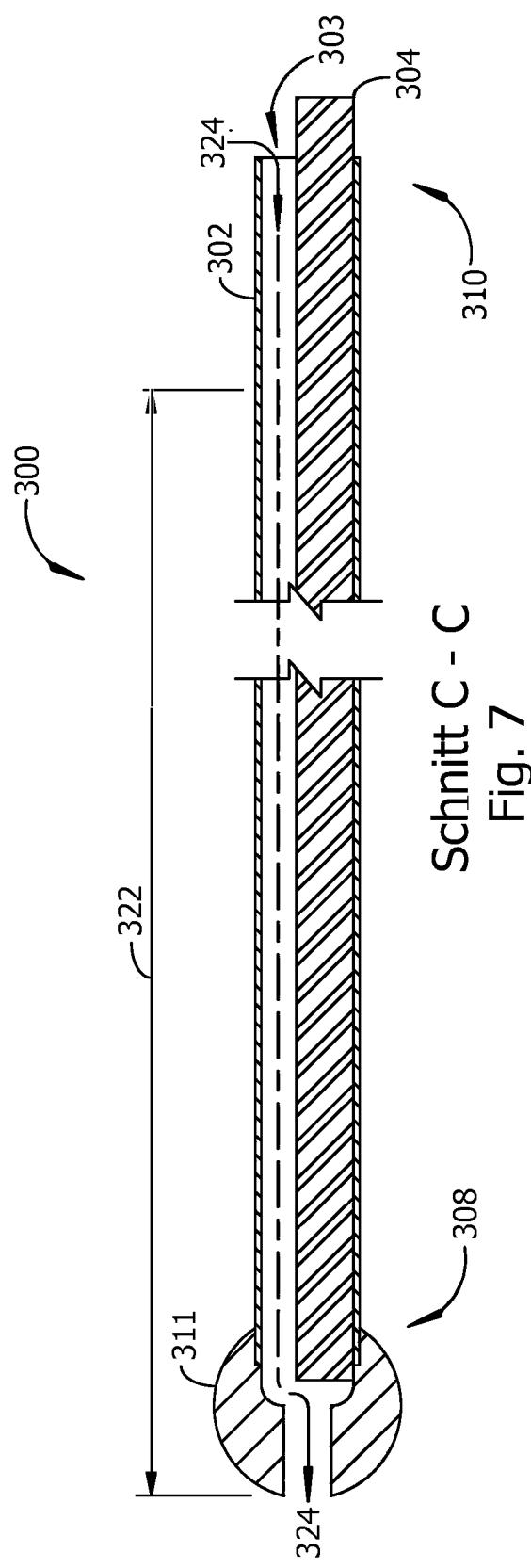
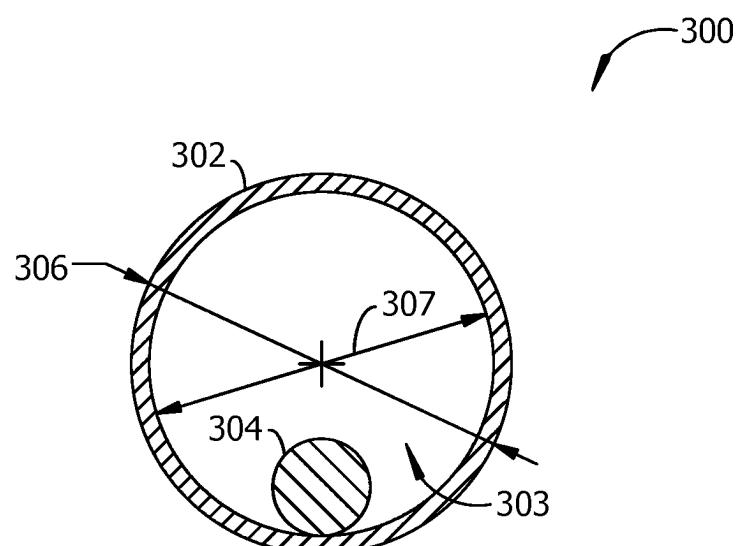


Fig. 6

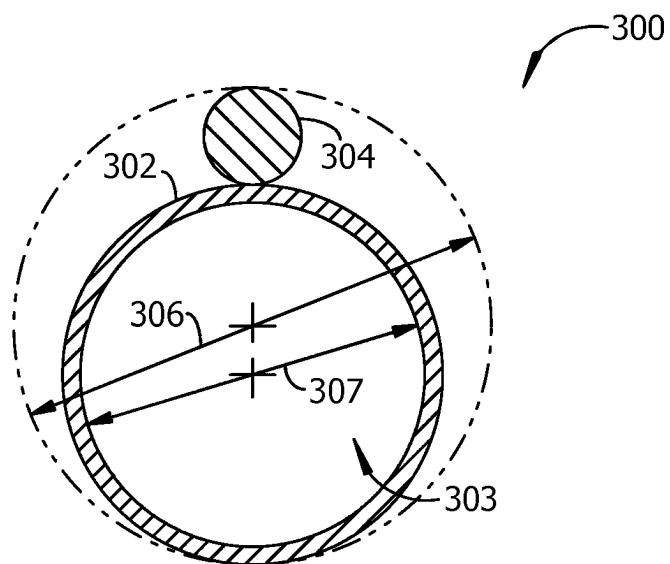


Schnitt C - C  
Fig. 7



Schnitt D - D

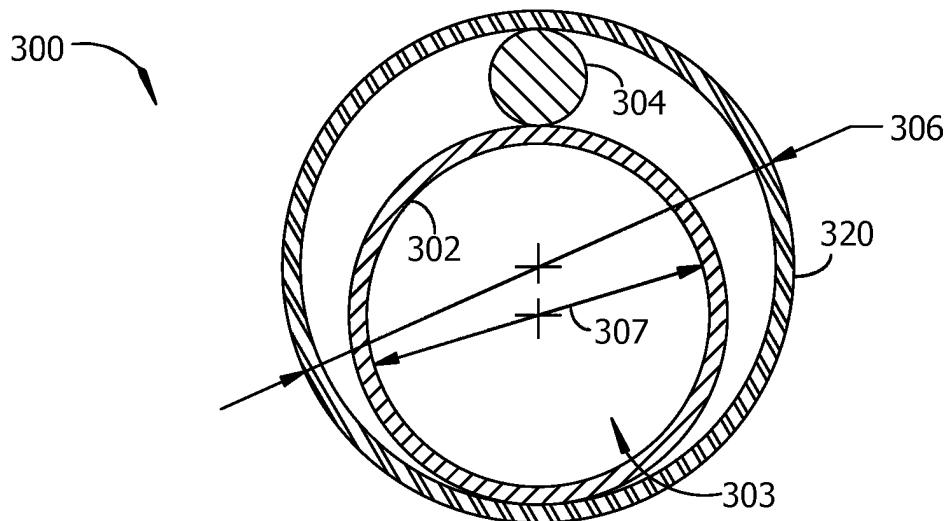
Fig. 8



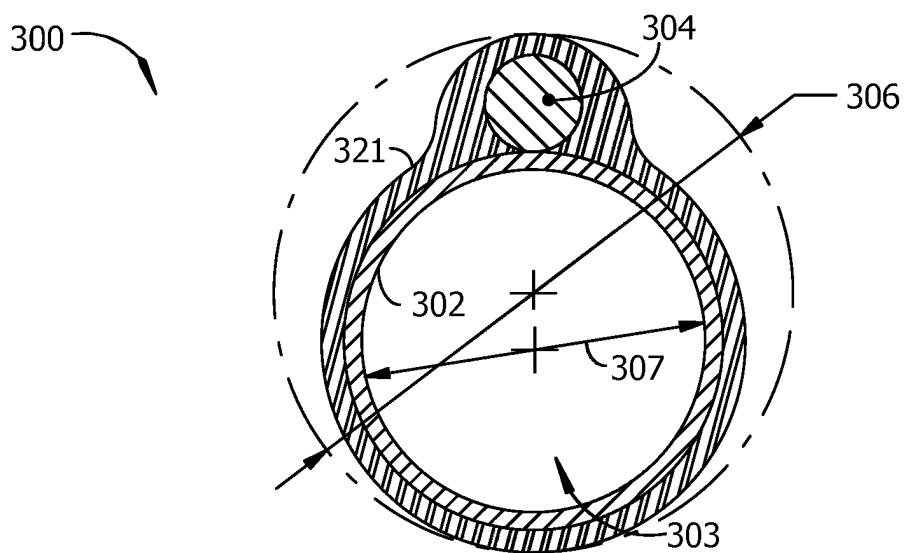
Alternativer Schnitt D - D

Fig. 9

**Fig. 10**  
**Alternativer Schnitt D - D**



**Fig. 11**  
**Alternativer Schnitt D - D**



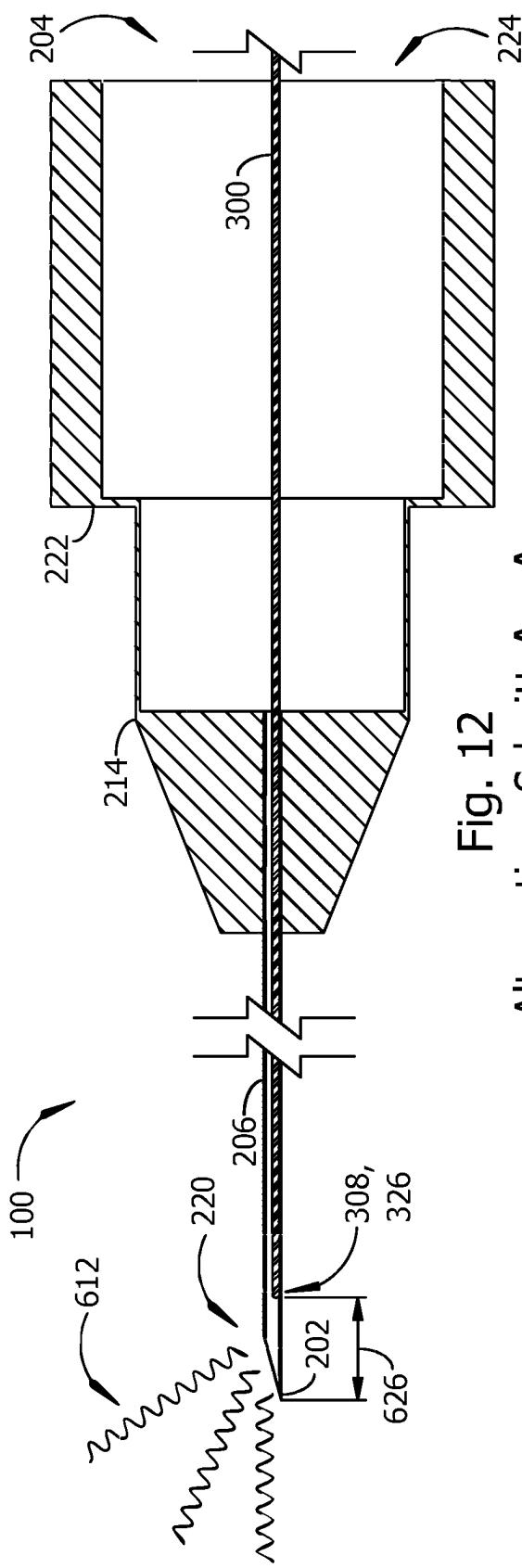


Fig. 12  
Alternativer Schnitt A - A

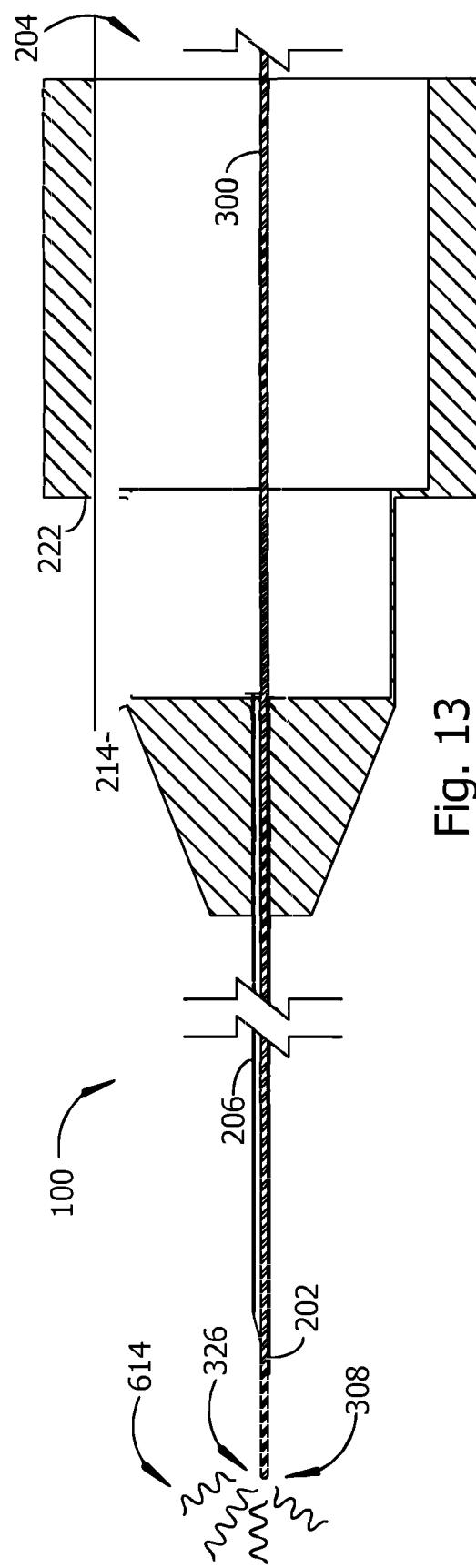
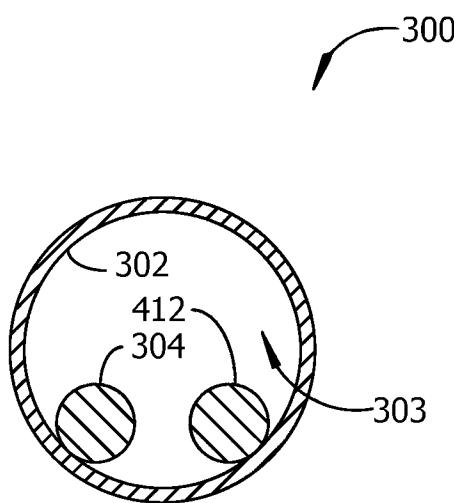
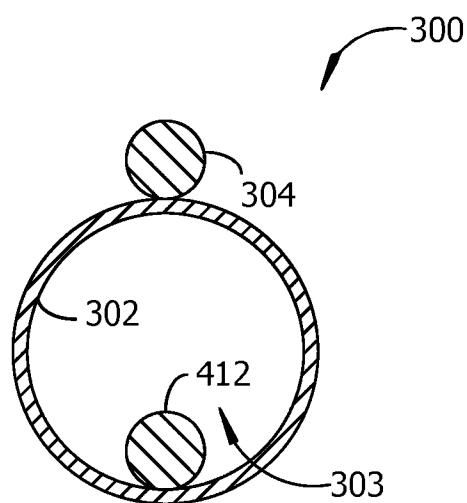


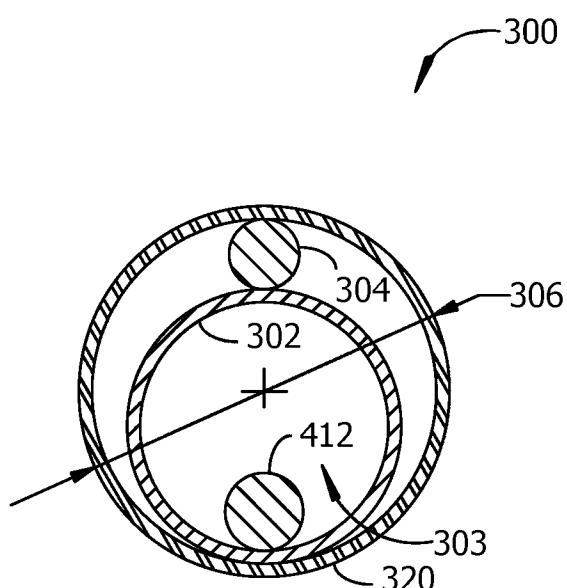
Fig. 13  
Alternativer Schnitt A - A



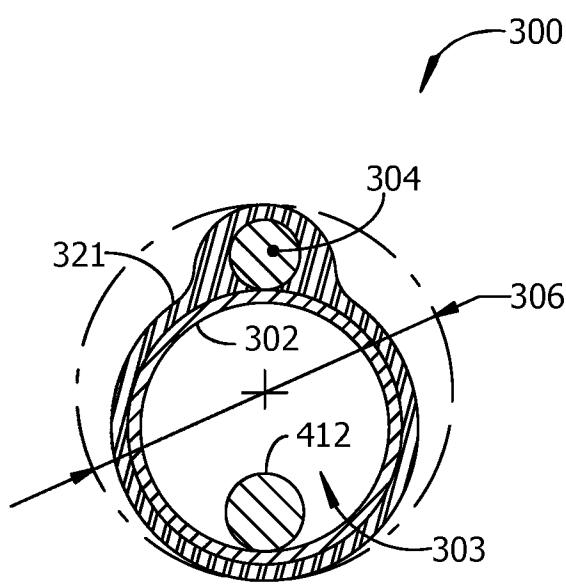
Alternativer  
Schnitt D - D  
Fig. 14



Alternativer  
Schnitt D - D  
Fig. 15



Alternativer  
Schnitt D - D  
Fig. 16



Alternativer  
Schnitt D - D  
Fig. 17

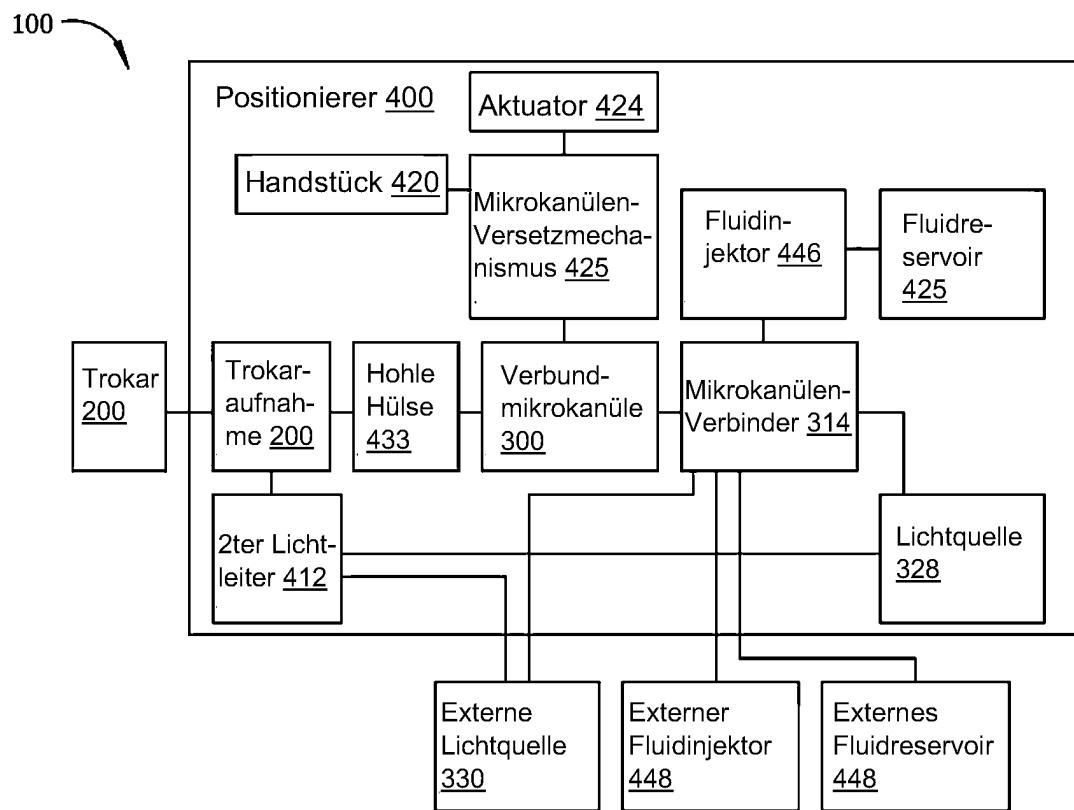
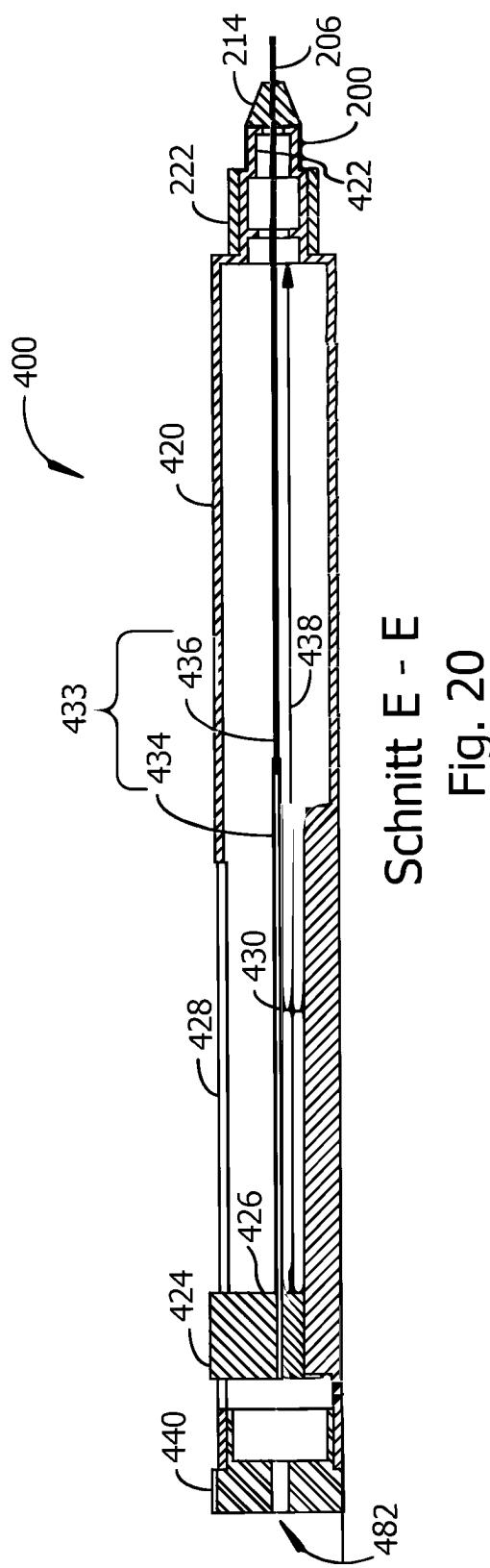
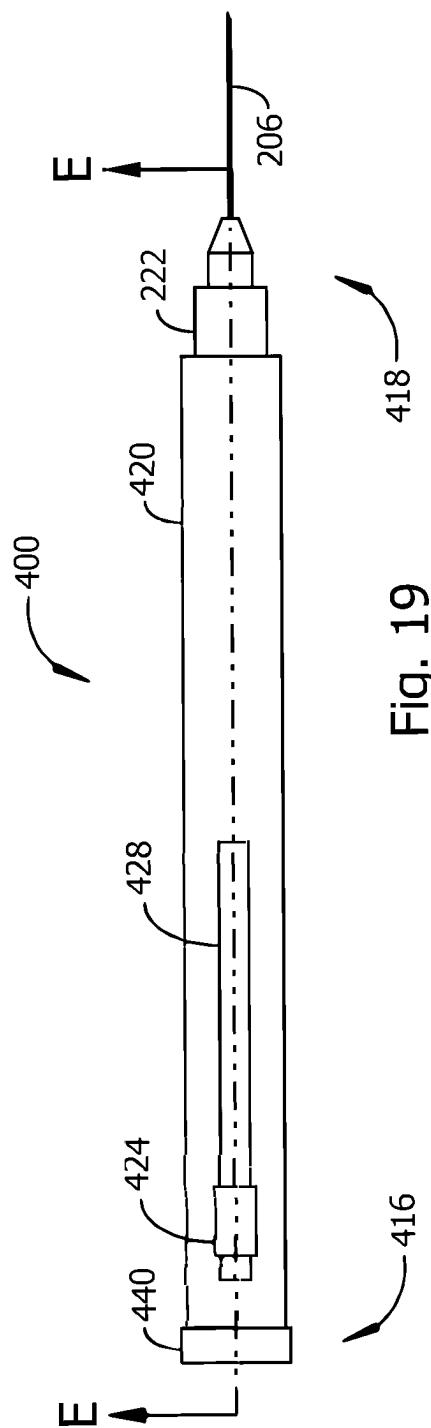


Fig. 18



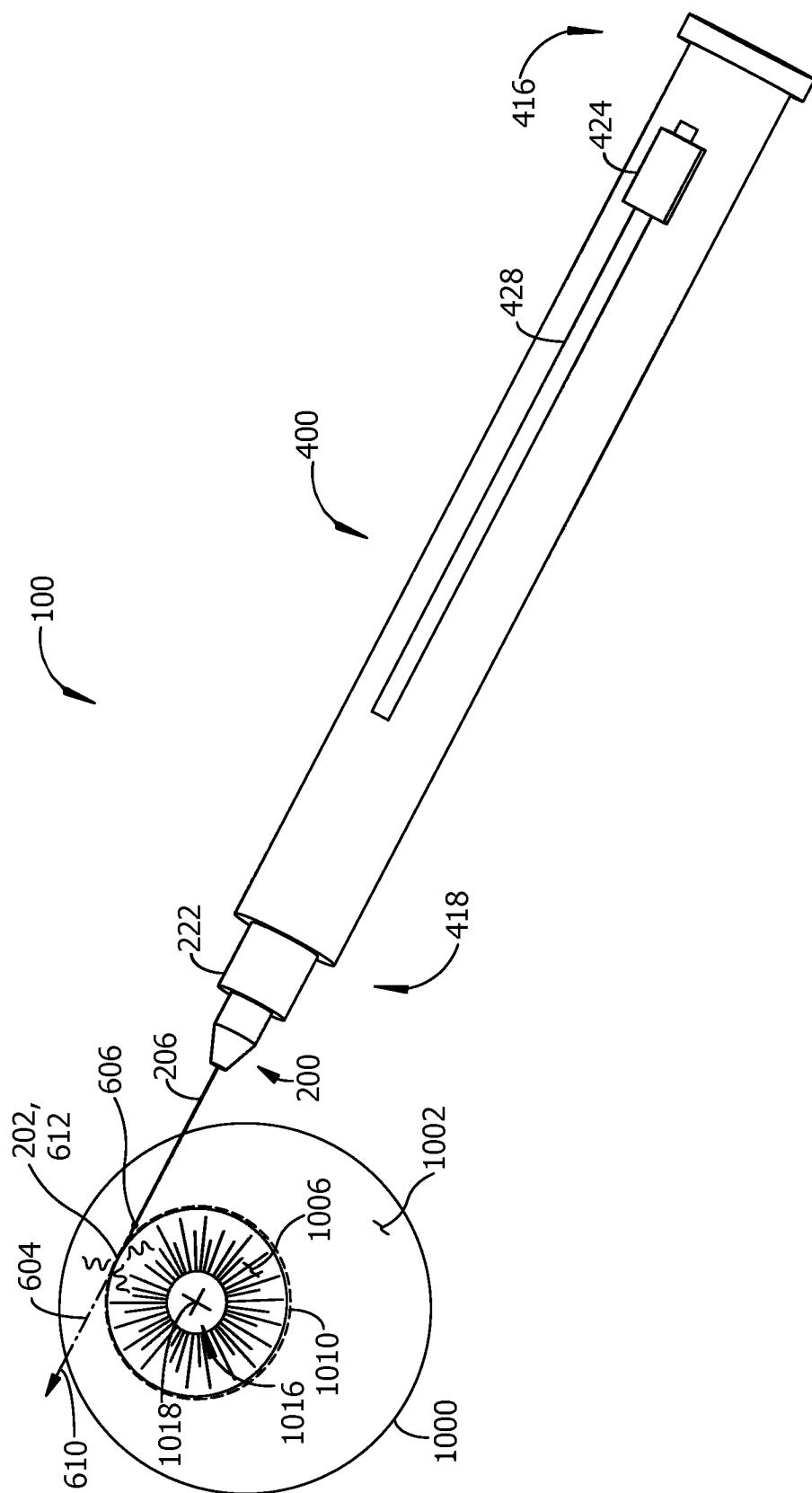


Fig. 21

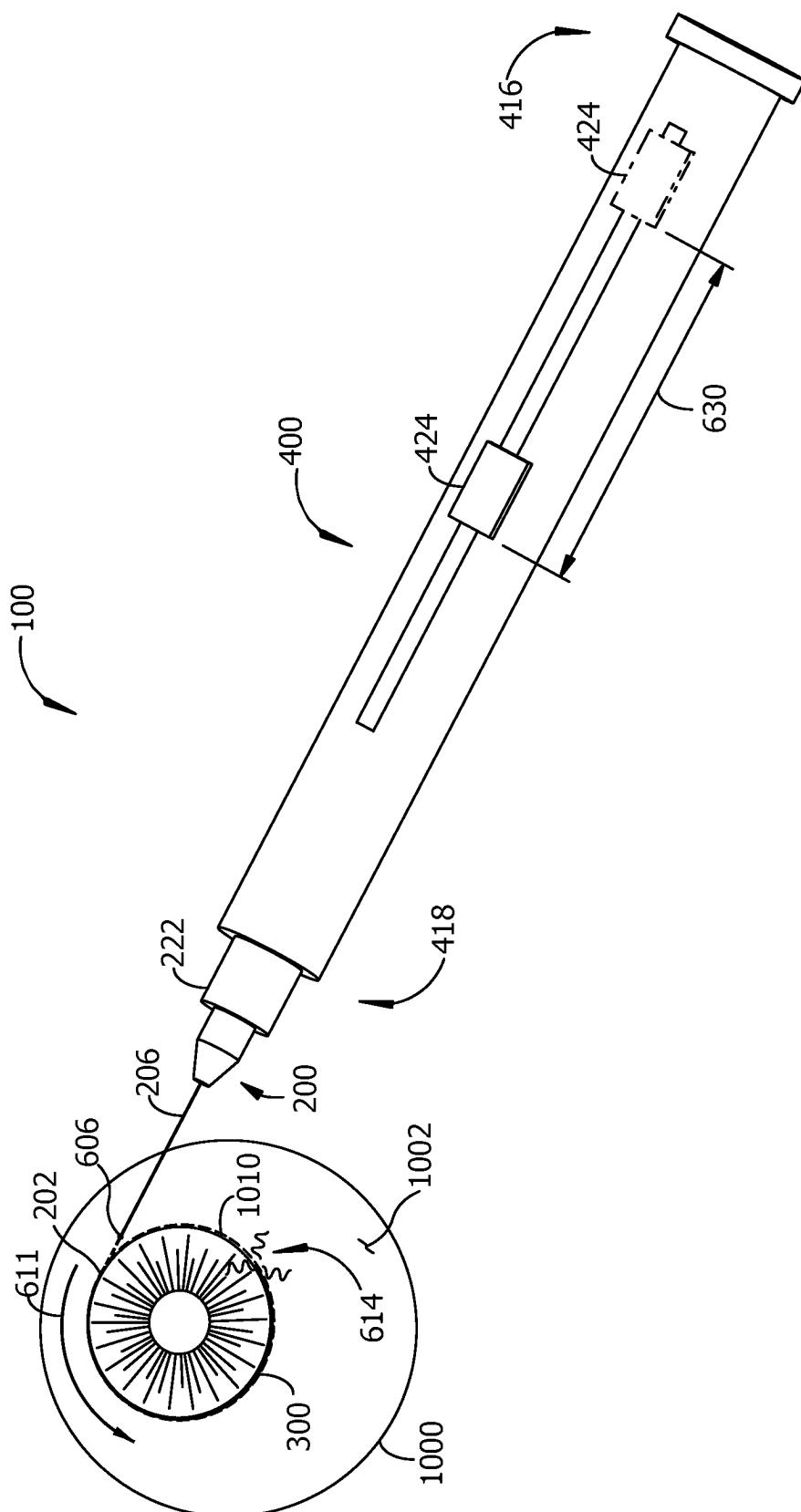


Fig. 22

Fig. 23 Alternative Schnitt A - A

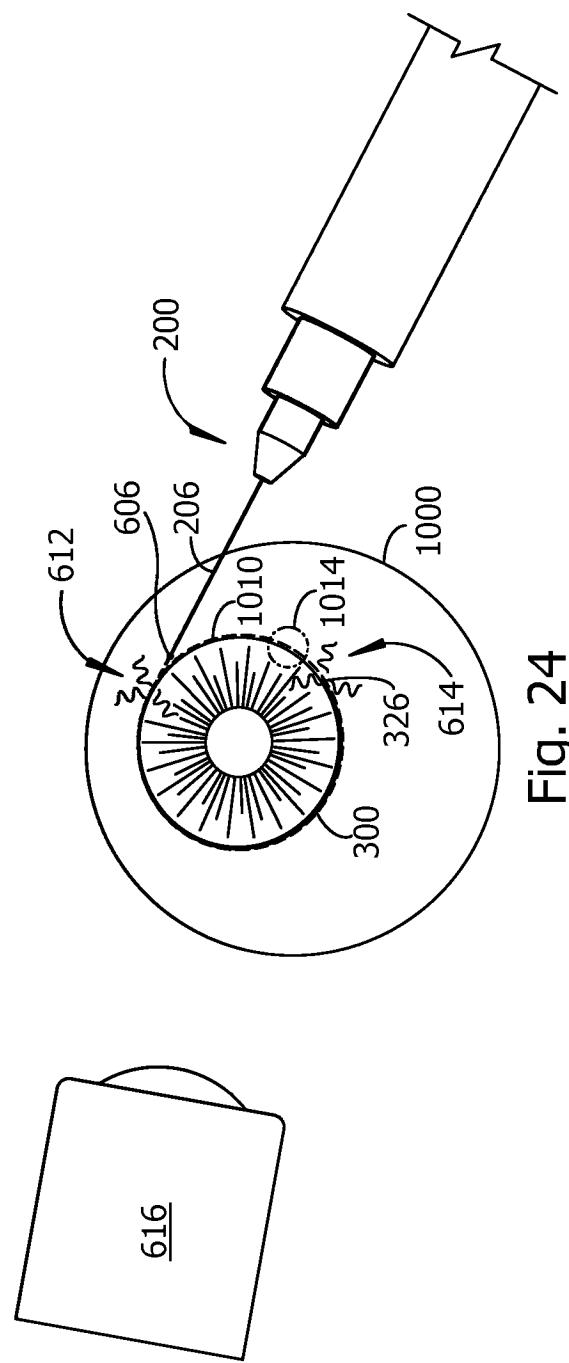
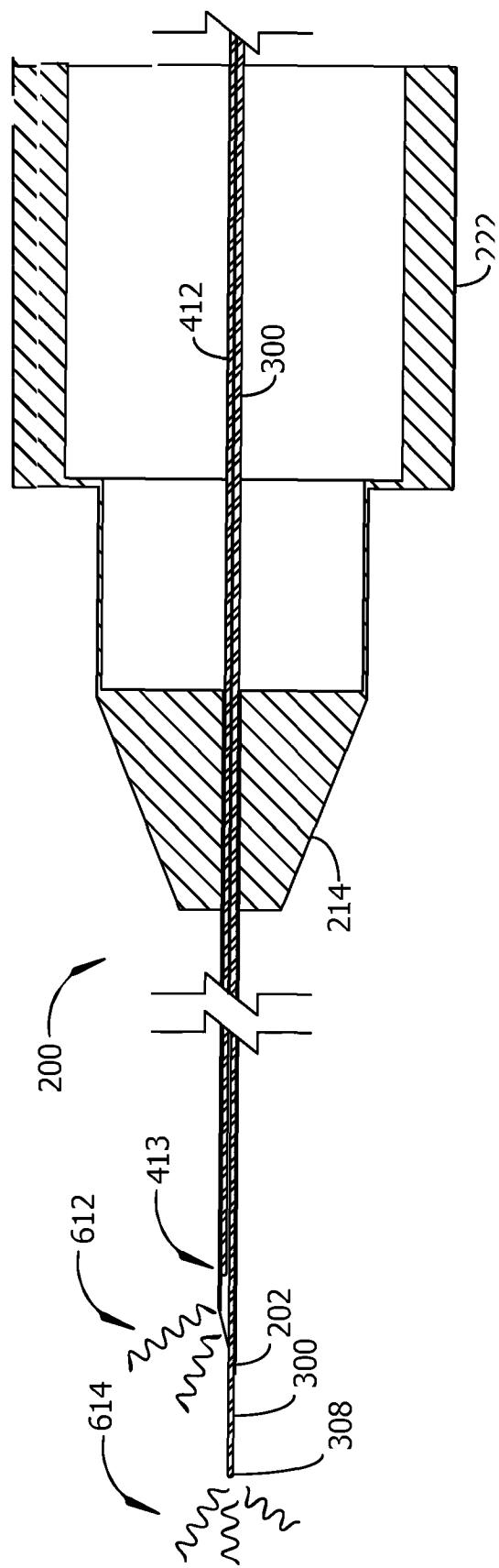
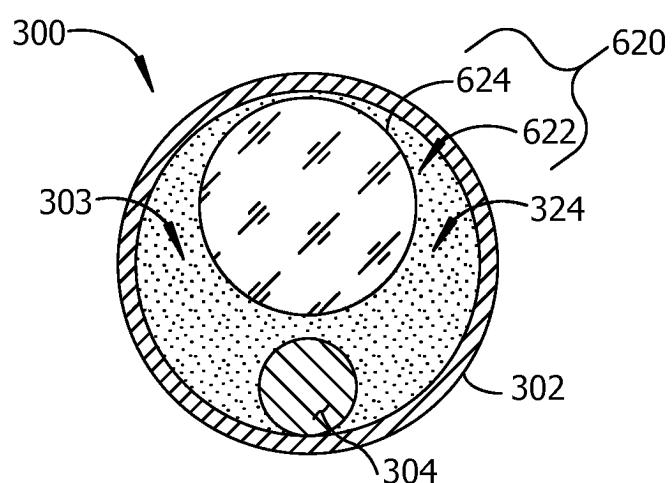


Fig. 24



Alternativer Schnitt D - D

Fig. 25

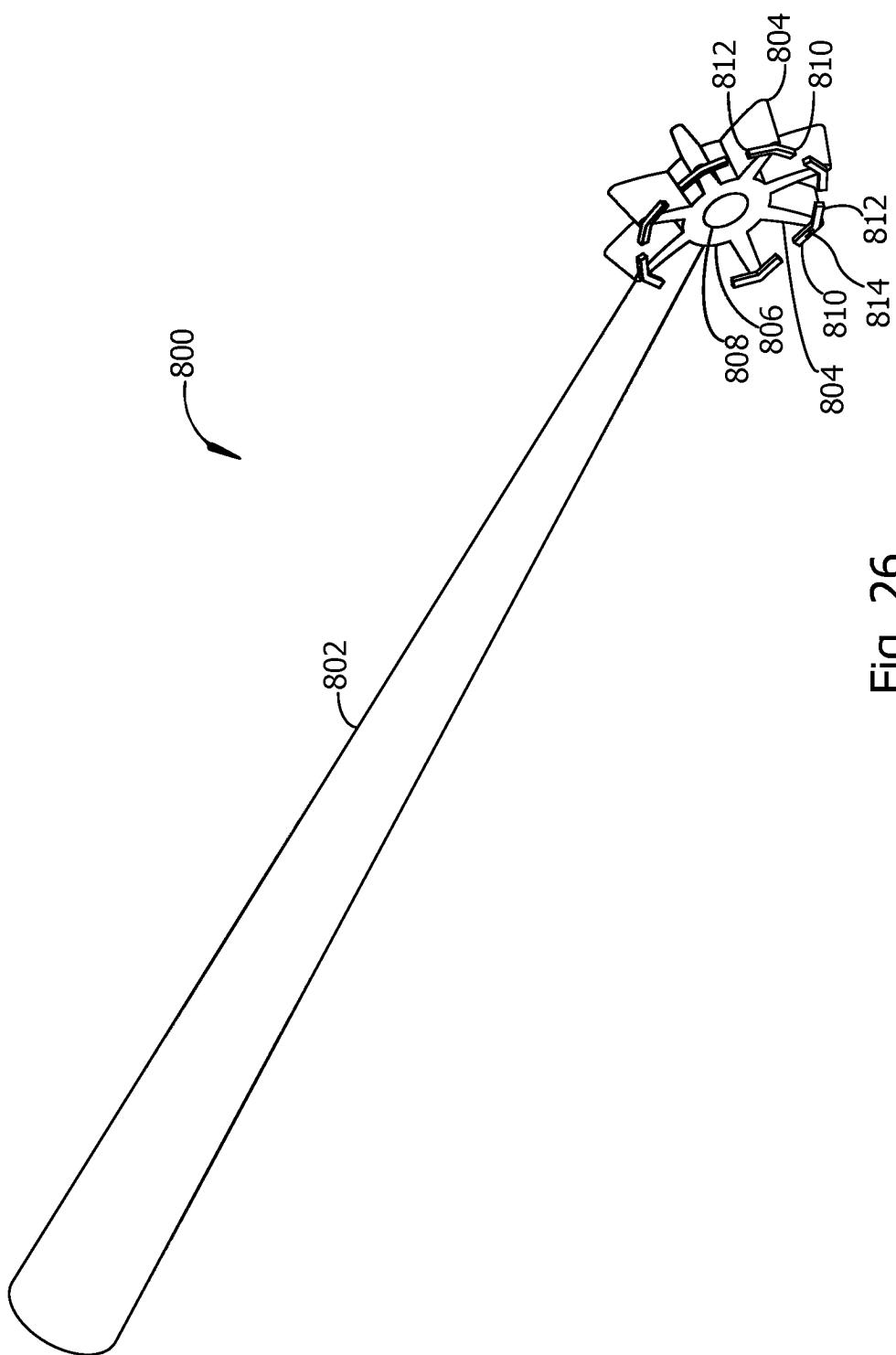


Fig. 26

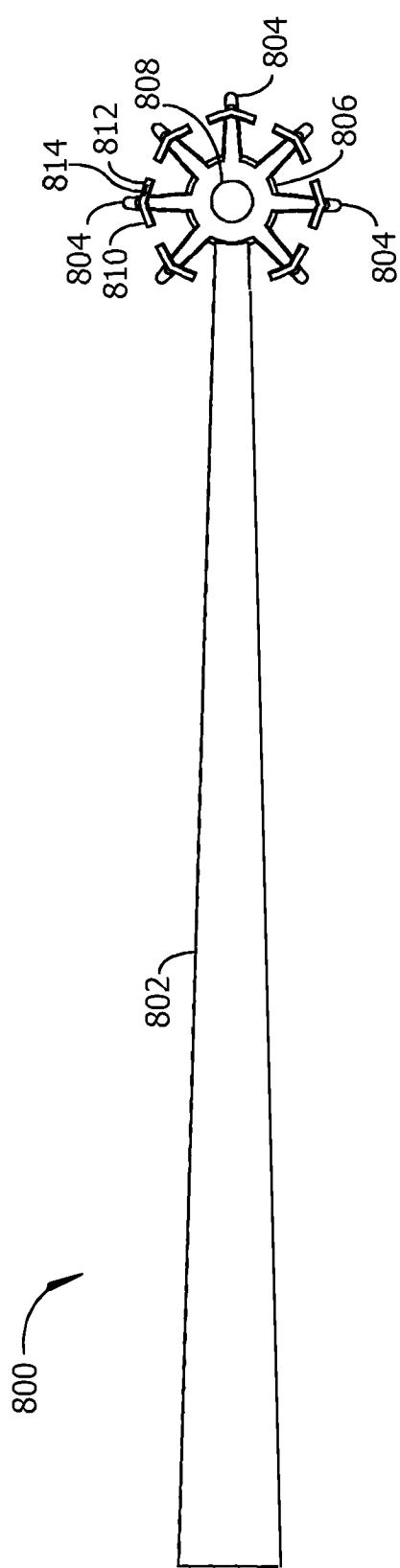


Fig. 27

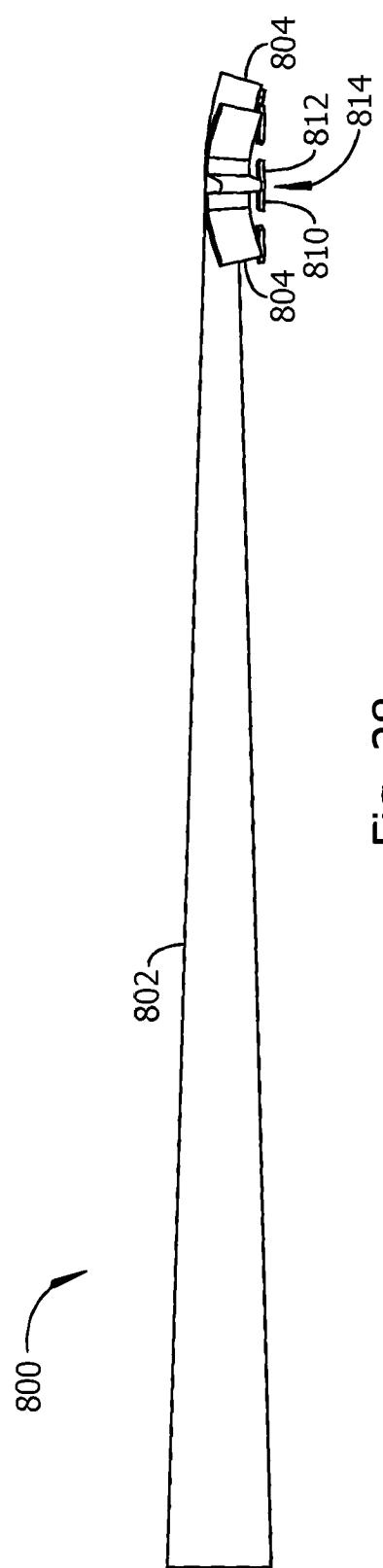


Fig. 28

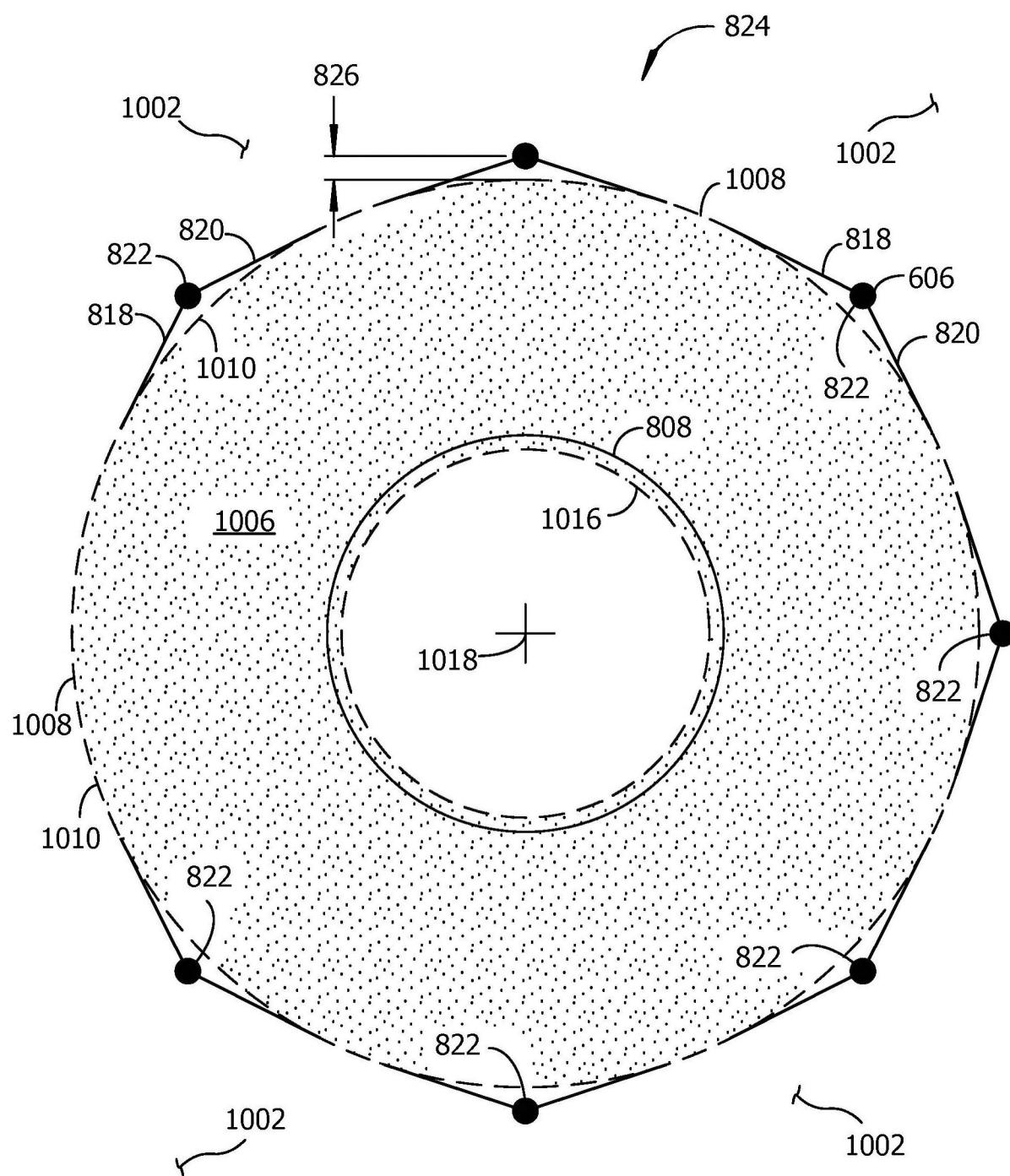


Fig. 29

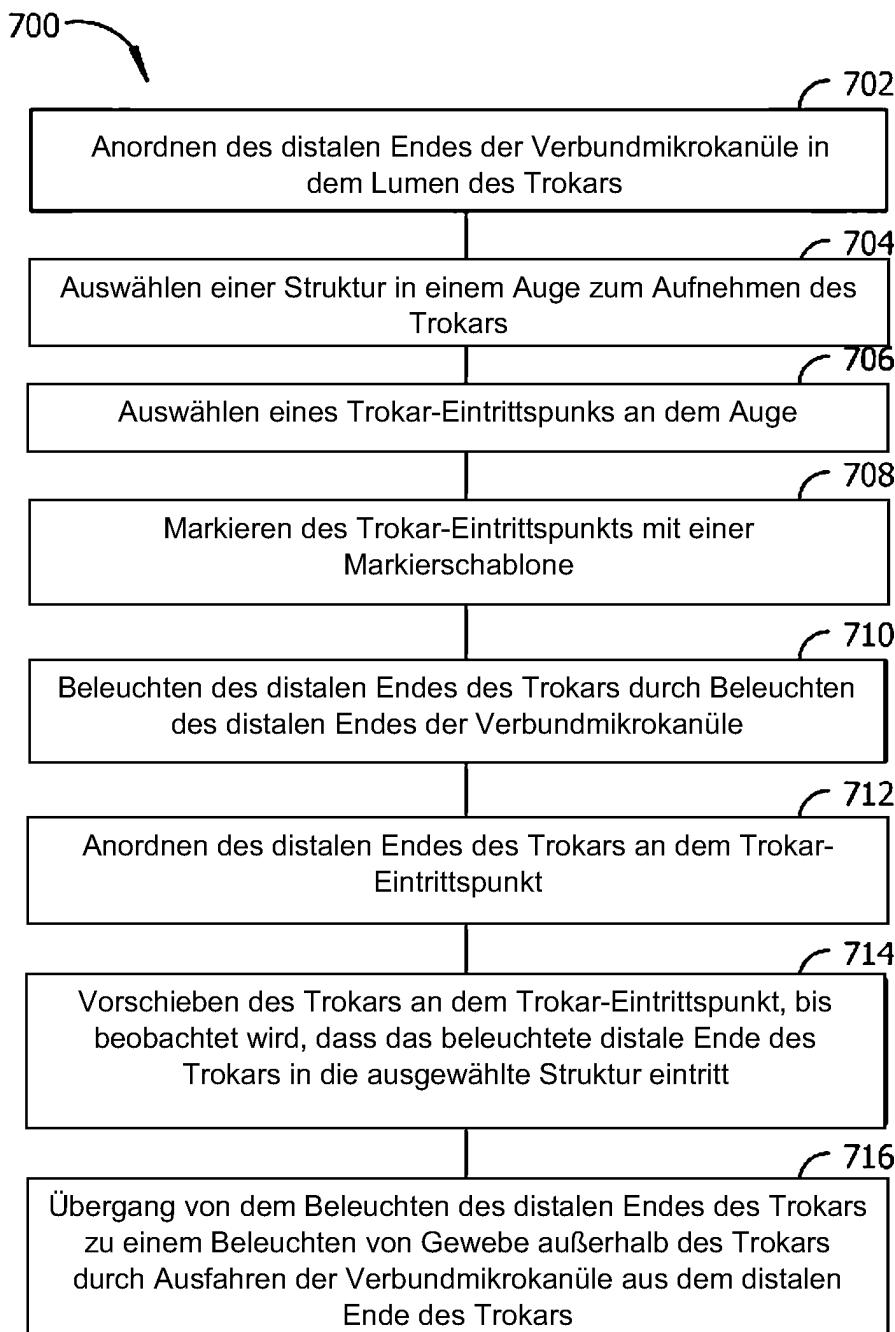


Fig. 30

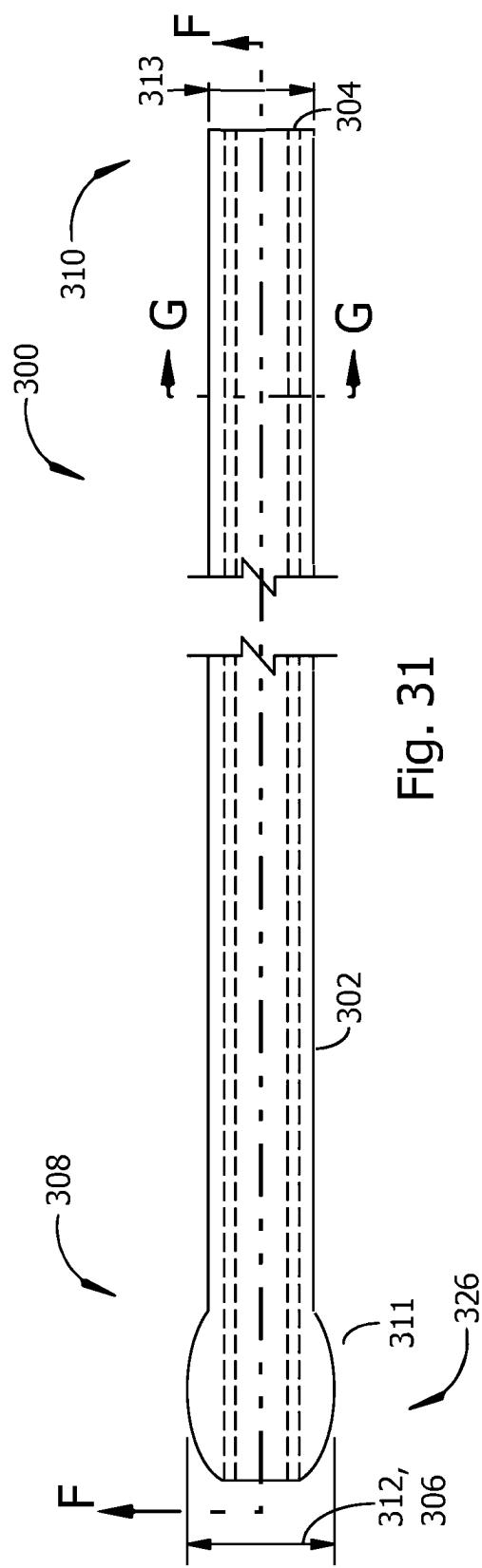
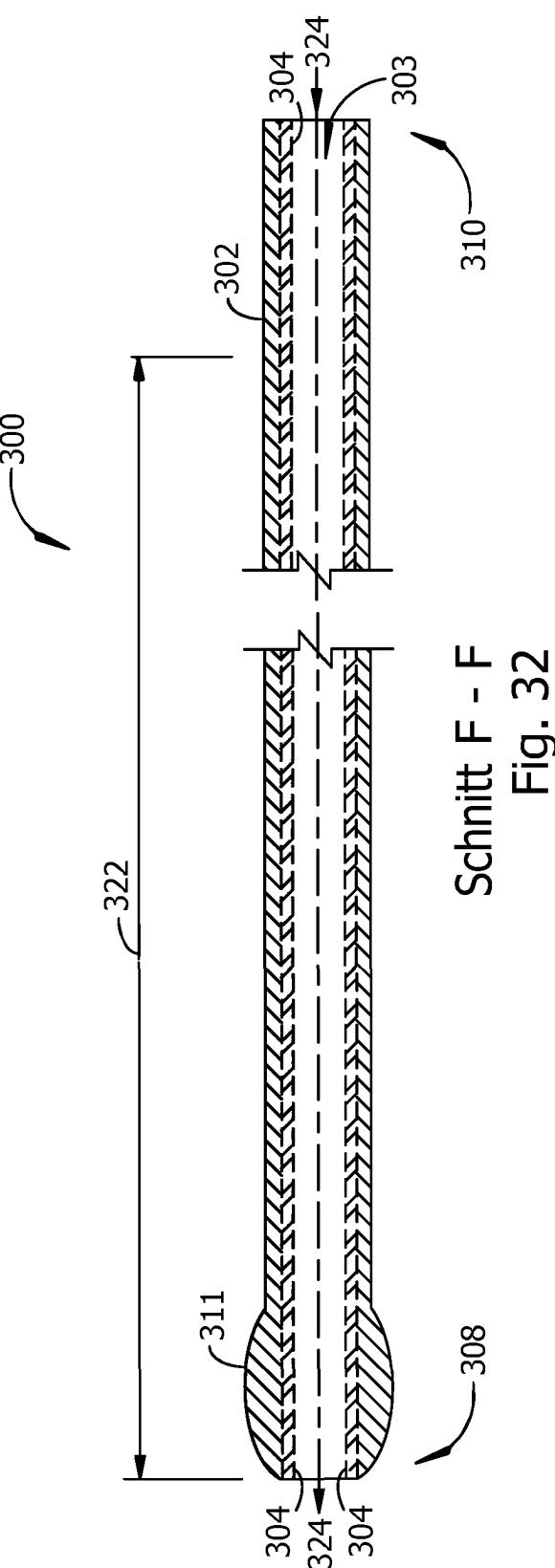
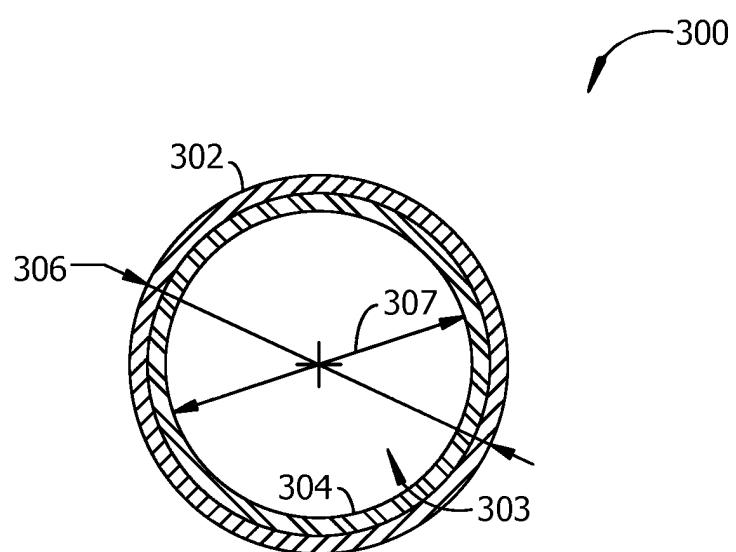


Fig. 31



Schnitt F - F  
Fig. 32



Schnitt G - G  
Fig. 33

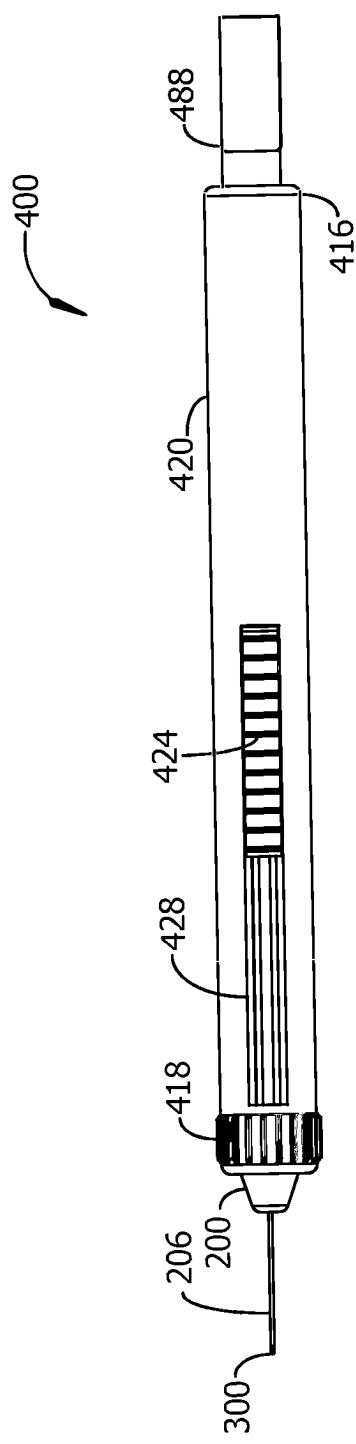


Fig. 34

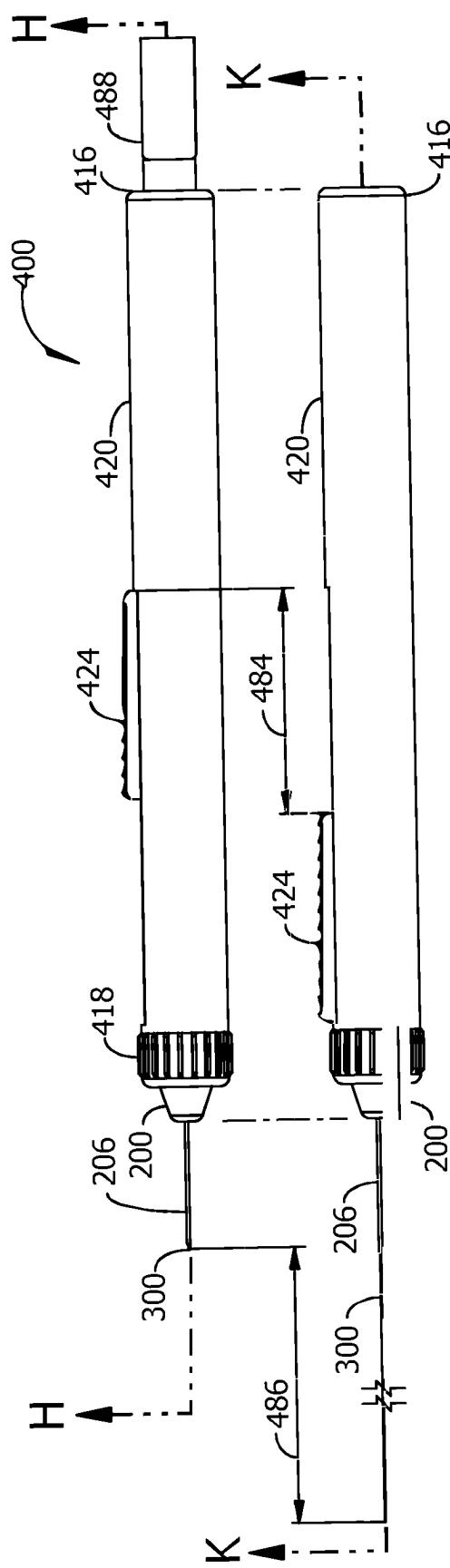


Fig. 35

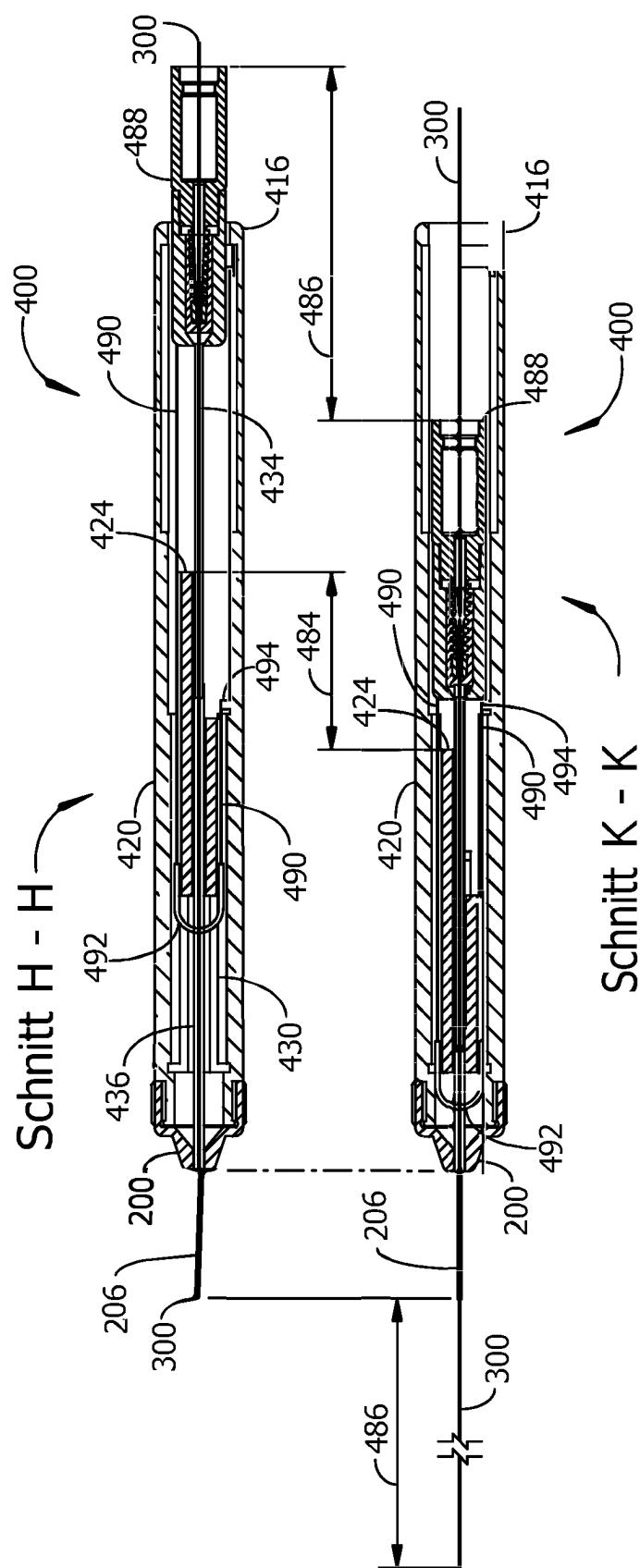


Fig. 36