



(10) **DE 10 2019 123 742 B4** 2021.12.30

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 123 742.4**

(22) Anmeldetag: **04.09.2019**

(43) Offenlegungstag: **04.03.2021**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **30.12.2021**

(51) Int Cl.: **A61F 9/007 (2006.01)**

A61B 34/20 (2016.01)

A61B 34/30 (2016.01)

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

(73) Patentinhaber:
Carl Zeiss Meditec AG, 07745 Jena, DE

(74) Vertreter:
**Pfiz/Gauss Patentanwälte PartmbB, 70178
Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
**Voigt, Christian, 73453 Abtsgmünd, DE; Andrews,
Delbert Peter, 73447 Oberkochen, DE; Hecker-
Denschlag, Nancy, 89077 Ulm, DE; Matz, Holger,
73485 Unterschneidheim, DE; Hauger, Christoph,
73431 Aalen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

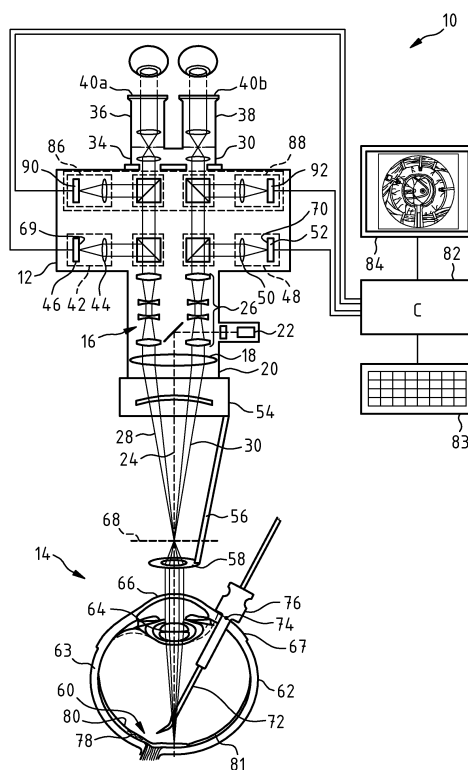
WO

2019/ 244 040

A2

(54) Bezeichnung: **Augenchirurgie-Operationssystem und computerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen der Lage wenigstens eines Trokarpunkts**

(57) Hauptanspruch: Augenchirurgie-Operationssystem (10) mit einer Visualisierungseinrichtung (84, 86, 88) zum Visualisieren der Lage wenigstens eines Trokarpunkts (74) für ein Trokar (76) auf der Sklera (63) eines Patientenauges (62), das zum Einführen eines für chirurgische Eingriffe am Hintergrund des Patientenauges (62) ausgelegten Operationsinstruments (72) in das Patientenauge (62) dient, und mit einer Rechneinheit (82), die für das Bereitstellen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) an die Visualisierungseinrichtung (84, 86, 88) ausgelegt ist, wobei die Rechneinheit (82) eine Trokarpunkt-Berechnungsroutine enthält, die zum Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) aus der Lage wenigstens eines Operationssitus (60) in einem Modell des Patientenauges (62) und aus geometrischen Informationen zu wenigstens einem durch ein Trokar (76) in das Patientenauge (62) einfühbares Operationsinstrument (72) eingerichtet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Augenchirurgie-Operationssystem sowie ein computerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen der Lage wenigstens eines Trokarpunkts für ein Trokar auf der Sklera eines Patientenauges, das zum Einführen wenigstens eines für chirurgische Eingriffe am Hintergrund des Patientenauges ausgelegten Operationsinstruments in das Patientenauge dient. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Computerprogramm.

[0002] In der vitreoretinalen Chirurgie werden Operationsinstrumente eingesetzt, die durch ein Trokar in das Innere eines Patientenauges zugeführt werden. Z. B. werden für das Durchführen der sogenannten Retinal Vein Cannulation (RVC) Kanülen mit einem Schaftkörper eingesetzt, an dessen Ende ein Operationswerkzeug in Form einer feinen, zu dem Schaftkörper in der Regel mit einem Inklinationwinkel abgewinkelten Hohnadel ausgebildet ist. Mit der Hohnadel können in retinale Gefäße Medikamente eingebracht werden, um beispielsweise Koagulationen aufzulösen. Der Schaftkörper mit der Hohnadel wird bei dieser Operation in das Innere des Patientenauges durch ein Trokar eingeführt, das durch die zwischen dem äußeren Rand der Netzhaut und dem Ziliarkörper liegende ringförmige Pars Plana des Patientenauges eingesetzt ist, um die Sklera bei der Operation zu schonen bzw. die Instrumente temporär zu fixieren.

[0003] Die Zufuhr von Medikamenten in ein retinales Gefäß gelingt nur, wenn die Hohnadel unter einem Angriffswinkel zu einer Gefäßverlaufsrichtung in das Gefäß eindringt, der innerhalb eines eng begrenzten Toleranzbereichs liegt. Ist der Angriffswinkel zu flach, so kann die Hohnadel das Lumen des Gefäßes nicht erreichen. Wenn die Hohnadel unter einem Angriffswinkel an das Gefäß angesetzt wird, der zu steil ist, wird der Bereich, in dem das Ende der Hohnadel in dem Lumen des Gefäßes liegt, sehr klein. Dann können schon kleinste Relativbewegungen von Hohnadel und Augenhintergrund dazu führen, dass die Hohnadel das Gefäß durchstößt oder aus dem Gefäß wieder herausrutscht.

[0004] Wenn aber eine Hohnadel ein retinales Gefäß durchstößt oder aus einem solchen Gefäß herausrutscht, blutet das retinales Gefäß, das dann perforiert ist, in den Glaskörper des Patientenauges ein. In den Glaskörper gelangtes Blut kann in einer Augenoperation die Sicht des Operateurs auf den Augenhintergrund beeinträchtigen. Auch führt die Perforation eines retinalen Gefäßes dazu, dass Medikamente, die in das retinales Gefäß eingeführt werden, umgehend durch die Öffnungen in diesem wieder ausgespült werden. Das kann zur Folge haben, dass sich ein retinales Gefäß gar nicht mehr richtig behandeln lässt.

[0005] Wenn ein chirurgisches Instrument durch ein ortsfestes Trokar in das Innere eines Patientenauges eingeführt wird, so ist die Zahl der Bewegungsfreiheitsgrade, mit der das Operationswerkzeug des Operationsinstruments im Inneren des Patientenauges bewegt werden kann, gegenüber der Zahl der Bewegungsfreiheitsgrade eines frei beweglichen Operationsinstruments reduziert.

[0006] Schon bei Setzen eines Trokars für ein Operationsinstrument muss deshalb darauf geachtet werden, welcher Bereich im Inneren des Patientenauges mittels des Operationsinstruments operiert werden soll. Der Angriffswinkel für ein Operationswerkzeug des Operationsinstruments zu einer Struktur in dem Inneren des Patientenauges, z. B. eine spitze Kanüle, ein Messer oder eine Schere, kann dann nämlich nicht mehr beliebig variiert werden.

[0007] Bei chirurgischen Operationen in dem Inneren eines Patientenauges werden von einem Operateur oftmals Operationsinstrumente mit einem Operationswerkzeug unter Angriffswinkeln zu Strukturen im Inneren des Patientenauges gehandhabt, die sehr ungünstig sind und die deshalb Komplikationen verursachen können. Oftmals stellt sich erst nach dem Setzen eines Trokars heraus, dass sich ein geplanter Eingriff an der Retina nicht durchführen lässt, weil das durch den Trokar in das Innere des Patientenauges eingeführte Operationsinstrument die für den Eingriff erforderlichen Angriffswinkel des Operationswerkzeugs des Operationsinstruments nicht ermöglicht.

[0008] Dem kann zwar durch das Vorhalten einer Vielzahl von unterschiedlichen Operationsinstrumenten begegnet werden, die bei gegebener Position des Trokars verschiedene Angriffswinkel zu Strukturen im Inneren des Patientenauges ermöglichen. Das Ein- und Ausführen unterschiedlicher Operationsinstrumente durch ein gesetztes Trokar, um herauszufinden, mit welchem Operationsinstrument der chirurgische Eingriff am besten durchgeführt wird, verlängert jedoch die für das Durchführen des chirurgischen Eingriffs erforderliche Zeit. Darüber hinaus verursacht das Vorhalten bzw. Verwenden unterschiedlicher Operationsinstrumente erhebliche Anschaffungs- und Betriebskosten.

[0009] Zwar gibt es auch Operationsinstrumente mit Gelenken, die es ermöglichen, den Angriffswinkel des Operationswerkzeugs bei einem durch ein gesetztes Trokar in das Innere eines Patientenauges zugeführten Operationsinstrument zu variieren. Solche Operationsinstrumente haben jedoch hohe Herstellungskosten und lassen sich, wenn überhaupt, nur mit hohem Aufwand sterilisieren.

[0010] Wenn sich herausstellt, dass der geplante chirurgische Eingriff in dem Inneren des Patientenauges

ges mit dem gesetzten Trokar gar nicht durchgeführt werden kann, so muss das Trokar neu gesetzt werden. Insbesondere wenn weitere Operationsinstrumente und Hilfseinrichtungen in Form von Stativen oder auch Roboter Verwendung finden, erfordert das viel Zeit, da gegebenenfalls auch die weiteren Operationsinstrumente neu positioniert und etwa Roboter zu dem neuen, sogenannten Remote Center of Motion (RCM) neu ausgerichtet und programmiert werden müssen. Ein Patient erfährt dann in der Operation unvermeidlich zusätzliche Verletzungen und aufgrund des dann erforderlichen Bedarfs an zusätzliche Verbrauchsmaterialien und der verlängerten Dauer der Operation nehmen die Kosten für das Durchführen des chirurgischen Eingriffs zu.

[0011] In der nachveröffentlichten WO 2019/244040 A2 ist ein Augenchirurgie-Visualisierungssystem beschrieben, das ein Ophthalmo-Operationsmikroskop enthält und eine an das Ophthalmo-Mikroskop angeschlossene Digitalkamera aufweist. Mittels des Ophthalmo-Operationsmikroskops kann das Innere eines Patientenauges visualisiert werden. Die Digitalkamera dient dazu, in einer ophthalmologischen Operation das Äußere des Patientenauges zu erfassen. In dem Augenchirurgie-Visualisierungssystem gibt es ein Display, mittels dessen einem Operateur gleichzeitig sowohl das Innere des Patientenauges als auch dessen Umgebung angezeigt werden kann.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Augenchirurgie-Operationssystem bereitzustellen und ein Verfahren zum Bereitstellen der Lage wenigstens eines Trokarpunkts für ein Trokar auf der Sklera eines Patientenauges anzugeben, das optimierte Abläufe bei einem chirurgischen Eingriff im Inneren eines Patientenauges ermöglicht.

[0013] Diese Aufgabe wird durch das in Anspruch 1 angegebene Augenchirurgie-Operationssystem und das in Anspruch 12 angegebene computerimplementierte Verfahren zum Bereitstellen der Lage wenigstens eines Trokarpunkts für ein Trokar auf der Sklera eines Patientenauges gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0014] Ein erfindungsgemäßes Augenchirurgie-Operationssystem weist eine Visualisierungseinrichtung zum Visualisieren der Lage wenigstens eines Trokarpunkts für ein Trokar auf der Cornea eines Patientenauges auf, das zum Einführen eines für chirurgische Eingriffe am Hintergrund des Patientenauges ausgelegten Operationsinstruments in das Patientenauge dient, und hat eine Rechneinheit, die für das Bereitstellen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts an die Visualisierungseinrichtung ausgelegt ist. Diese Rechneinheit enthält eine Trokarpunkt-Berechnungsroutine, die zum Berechnen der

Lage des wenigstens einen Trokarpunkts aus der Lage wenigstens eines Operationssitus in einem Modell des Patientenauges und aus geometrischen Informationen zu wenigstens einem durch ein Trokar in das Patientenauge einführbares Operationsinstrument eingerichtet ist.

[0015] Ein Modell des Patientenauges im Sinne der Erfindung kann eine Kugel oder auch eine individuelle, patientenspezifische Nachbildung des Augapfels eines Patientenauges sein. Insbesondere kann das Modell eines Objekts im Sinne der Erfindung ein Durchschnittsauge von Gullstrand sein, das etwa im ABC der Optik, Verlag Werner Dausien, Hanau/Main 1961 auf den Seiten 83 - 85 beschrieben ist. Hier sind für ein „exaktes Augenmodell“ und ein „vereinfachtes Augenmodell“ die optisch wirksamen Flächen, deren Krümmung und Abstand sowie die Brechzahl von „optischen Elementen“ angegeben, für die ein Abbildungsstrahlengang in guter Näherung den natürlichen Gegebenheiten bei einem durchschnittlichen, gesunden Mensch mit emmetropen Auge entspricht. Indem bei dem „exakten Augenmodell“ nach Gullstrand oder dem „vereinfachten Augenmodell“ Abstände oder Krümmungen nicht als vorgegeben, sondern als auf ein bestimmtes Patientenauge anpassbare freie Parameter aufgefasst werden, ist es möglich, ein reales Patientenauge mit einem solchen Modell zu beschreiben.

[0016] Das Augenchirurgie-Operationssystem kann eine Einrichtung für das Referenzieren des Modells des Patientenauges zu dem Patientenauge enthalten. Auf diese Weise ist es möglich, einem Operateur an dem Patientenauge die korrekte Position der berechneten Lage des Trokars zu visualisieren und/oder das Modell des Patientenauges in Überlagerung zu einem mit einer Bilderfassungseinrichtung erfassten Bild des Patientenauges anzuzeigen.

[0017] Von Vorteil ist es, wenn die Trokarpunkt-Berechnungsroutine zum Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts unter Berücksichtigung einer für das Manipulieren des Operationsinstruments in einem chirurgischen Eingriff ergonomisch günstige Körperhaltung eines Operateurs eingerichtet ist. Auf diese Weise wird dem Operateur das ermüdungsfreie Arbeiten erleichtert.

[0018] Insbesondere ist es von Vorteil, wenn die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts unter Maximieren eines Abstands des Operationsinstruments von einem Bereich kritischen Gewebes in dem Modell des Patientenauges eingerichtet ist. Diese Maßnahme verringert die Gefahr für Komplikationen bei einem chirurgischen Eingriff in dem Inneren des Patientenauges.

[0019] Zu bemerken ist, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen mehrerer möglicher mittels der Visualisierungseinrichtung anzeigbarer Lagen von Trokarpunkten zu einem Operationsinstrument eingerichtet sein kann. Die Trokarpunkt-Berechnungsroutine kann dabei für das Berechnen mehrerer möglicher mittels der Visualisierungseinrichtung anzeigbarer Lagen von Trokarpunkten zu unterschiedlichen Operationsinstrumenten eingerichtet sein.

[0020] Insbesondere kann die Rechneinheit für das Bereitstellen einer Operationsinstrumenten-Anzeigefunktion an die Visualisierungseinrichtung ausgelegt sein, um mittels der Visualisierungseinrichtung zu einem bestimmten Operationsinstrument gehörende Trokarpunkte kenntlich zu machen.

[0021] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts durch Anwenden wenigstens eines mathematischen Optimierungskriteriums ausgelegt ist. Dabei kann vorgesehen sein, dass das Optimierungskriterium einen Operationsablauf berücksichtigt.

[0022] Das Optimierungskriterium kann z.B. einen Operationsablauf berücksichtigen, bei dem mehrere gleichwertige Operationsinstrumente mit Operationswerkzeugen in eine Operationsplanung einbezogen werden, wobei berücksichtigt wird, dass die Operationswerkzeuge der Operationsinstrumente unterschiedliche Inklinationswinkel β zu einer Längsachse eines Schafts des entsprechenden Operationsinstruments aufweisen.

[0023] Es kann z.B. vorgesehen sein, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts einen vorgegebenen Soll-Angriffswinkel α_{soll} eines Operationswerkzeugs des Operationsinstruments zu dem wenigstens einen Operationssitus verarbeitet.

[0024] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts einen vorgegebenen Toleranzbereich für den Soll-Angriffswinkel α_{soll} eines Operationswerkzeugs des Operationsinstruments zu dem wenigstens einen Operationssitus verarbeitet und zu einer berechneten Lage des wenigstens einen Trokarpunkts einen aus dem Toleranzbereich für den Soll-Angriffswinkel α_{soll} des Operationswerkzeugs ermittelten Toleranzbereich angibt.

[0025] Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass eine Behandlung mehrerer voneinander beabstandeter Areale auf dem Hintergrund des Patientenauges erfolgt und die Trokarpunkt-Berech-

nungsroutine Kombinationen unterschiedlicher Operationsinstrumente mit Operationswerkzeugen berücksichtigt, deren Inklinationswinkel β zu dem Schaft des Operationsinstruments variiert, um einen Trokarpunkt so zu bestimmen, dass die Operationsinstrumente durch ein einziges an dem Trokarpunkt angeordnetes Trokar den erforderlichen Angriffswinkel α des Operationswerkzeugs zu dem Operationssitus in den voneinander beabstandeten Arealen auf dem Hintergrund des Patientenauges gewährleisten, zumindest im Rahmen eines bestimmten Toleranzbereiches.

[0026] Bei dem erfindungsgemäßen computerimplementierten Verfahren zum Bereitstellen der Lage wenigstens eines Trokarpunkts für ein Trokar auf der Sklera eines Patientenauges, das zum Einführen wenigstens eines für chirurgische Eingriffe am Hintergrund des Patientenauges ausgelegten Operationsinstruments in das Patientenauge dient, wird die Lage des wenigstens einen Trokarpunkts aus der Lage wenigstens eines Operationssitus in einem Modell des Patientenauges und aus geometrischen Informationen über das wenigstens eine Operationsinstrument berechnet.

[0027] Die Erfindung erstreckt sich auch auf ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln für das Ausführen dieses Verfahrens auf einer Rechneinheit.

[0028] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung in schematischer Weise dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0029] Es zeigen:

Fig. 1 ein Augenchirurgie-Operationssystem mit einem Patientenauge;

Fig. 2 einen Abschnitt des Patientenauges mit einem Operationsinstrument und mit einem Trokar, das an dem Patientenauge an einem Trokarpunkt gesetzt ist;

Fig. 3 eine in dem Augenchirurgie-Operationssystem visualisierte Lage des Trokarpunkts;

Fig. 4 ein Flussdiagramm einer Trokarpunkt-Berechnungsroutine, die in einer Rechneinheit des Augenchirurgie-Operationssystems abgespeichert ist;

Fig. 5 ein Modell des Patientenauges;

Fig. 6 das Modell des Patientenauges mit einem Operationssitus und mit einem Modell des Operationsinstruments;

Fig. 7 das Ermitteln eines Trokarpunkts in dem Modell des Patientenauges anhand des Modells des Operationsinstruments; und

Fig. 8 einen Abschnitt des Patientenauges mit einem weiteren Operationsinstrument und mit einem Trokar, das an dem Patientenaugen an einem Trokarpunkt gesetzt ist.

[0030] Das in der **Fig. 1** gezeigte Augenchirurgie-Operationssystem **10** enthält ein Operationsmikroskop **12**, das für das stereoskopische Betrachten eines Objektbereichs **14** dient. Das Operationsmikroskop **12** hat eine Abbildungsoptik **16** mit einem Mikroskophauptobjektivsystem **18**, die in einem Grundkörper **20** aufgenommen ist. In dem Operationsmikroskop **12** gibt es eine Beleuchtungseinrichtung **22**, die das Beleuchten des Objektbereichs **14** mit einem Beleuchtungsstrahlengang **24** ermöglicht, der das Mikroskophauptobjektivsystem **18** durchsetzt. Das Operationsmikroskop **12** weist ein afokales Vergrößerungssystem **26** auf, durch das ein erster stereoskopischer Teilbeobachtungsstrahlengang **28** und ein zweiter stereoskopischer Teilbeobachtungsstrahlengang **30** geführt ist. Das Operationsmikroskop **12** hat einen an eine Schnittstelle **32** des Grundkörpers **20** angeschlossenen Binokulartubus **34**, der einen ersten Okulareinblick **36** und einen zweiten Okulareinblick **38** für ein linkes und ein rechtes Auge **40a**, **40b** eines Operateurs aufweist. Das Mikroskophauptobjektivsystem **18** in dem Operationsmikroskop **12** wird von dem ersten stereoskopischen Teilbeobachtungsstrahlengang **28** und dem zweiten stereoskopischen Teilbeobachtungsstrahlengang **30** durchsetzt. In dem Operationsmikroskop **12** gibt es eine erste Bilderfassungseinrichtung **42** mit einem ersten Objektivlinsensystem **44** und mit einem ersten Bildsensor **46**. Die Bilderfassungseinrichtung **42** dient für das Erfassen von Bildinformation aus dem ersten stereoskopischen Teilbeobachtungsstrahlengang **28**. Mit einer zweiten Bilderfassungseinrichtung **48** kann in dem Operationsmikroskop **12** Bildinformation aus dem zweiten stereoskopischen Teilbeobachtungsstrahlengang **30** erfasst werden. Die zweite Bilderfassungseinrichtung **48** weist ein zweites Objektivlinsensystem **50** auf und enthält einen zweiten Bildsensor **52**.

[0031] An das Operationsmikroskop **12** ist ein Ophthalmoskopievorsatzmodul **54** mit einer in einem Ophthalmoskopierlupenträger **56** aufgenommenen Ophthalmoskopierlupe **58** angeschlossen. Die Ophthalmoskopierlupe **58** dient dazu, einen Operationssitus **60**, das in dem Inneren eines Patientenauges **62** liegt, durch dessen natürliche Linse **64** und dessen Cornea **66** hindurch in eine Zwischenbildebene **68** abzubilden, die zu der Abbildungsebene **69** auf dem ersten Bildsensor **46** und zu der Abbildungsebene **70** auf dem zweiten Bildsensor **52** konjugiert ist.

[0032] In dem Patientenaugen **62** ist ein Operationsinstrument **72** angeordnet, das durch ein in die Sklera **63** im Bereich der Pars plana **67** des Patientenauges **62** an einem Trokarpunkt **74** gesetztes Trokar

76 in das Innere des Patientenauges **62** eingeführt ist. Das Operationsinstrument **72** dient beispielsweise zum Einbringen eines die Blutgerinnung auflösenden Medikaments in ein Gefäß **78**, das an dem Hintergrund **80** des Patientenauges **62** verläuft.

[0033] Um dem Operateur die Lage des Trokarpunkts **74** anzuzeigen, an dem das Trokar **76** gesetzt werden kann, um mittels des Operationsinstruments **72** in dem Operationssitus **60** einen chirurgischen Eingriff vorzunehmen, gibt es in dem Augenchirurgie-Operationssystem **10** eine Rechneinheit **82**, die eine Eingabeschnittstelle **83** hat und die mit einer als Monitor ausgebildeten Visualisierungseinrichtung **84** sowie mit Visualisierungseinrichtungen **86**, **88** verbunden ist, die Displays **90**, **92** enthalten.

[0034] Die Visualisierungseinrichtung **84** ermöglicht das Visualisieren der Lage des Trokarpunkts **74** in dem Objektbereich **14** des Operationsmikroskops **12** in einem dreidimensionalen Bild des Objektbereichs **14**, das in der Rechneinheit **82** aus der mittels der ersten Bilderfassungseinrichtung **42** und der zweiten Bilderfassungseinrichtung **48** erfassten Bildinformation berechnet wird.

[0035] Die Displays **90**, **92** der Visualisierungseinrichtungen **86**, **88** ermöglichen das Anzeigen von Displayinformation in dem ersten und zweiten stereoskopischen Teilbeobachtungsstrahlengang **28**, **30** in Überlagerung zu einem in dem Binokulartubus **34** wahrnehmbaren Bild des Objektbereichs **14**.

[0036] Die **Fig. 2** zeigt einen Abschnitt des Patientenauges **62** mit dem Operationsinstrument **72** und mit dem Trokar **76**, das in das Patientenaugen **62** an dem Trokarpunkt **74** gesetzt ist, der mittels der Visualisierungseinrichtungen **84**, **86**, **88** in dem Augenchirurgie-Operationssystem **10** angezeigt werden kann.

[0037] Das Operationsinstrument **72** hat ein an einem Schaft **94** angeordnetes Operationswerkzeug **96**. Es durchsetzt den Trokar **76** und kann in diesem in der Richtung des Doppelpfeils **97** bewegt sowie entsprechend dem Doppelpfeil **98** um seine Längsachse **100** gedreht werden. Das Trokar **76** ermöglicht außerdem das Verschwenken des Operationsinstruments **72** um den Trokarpunkt **74** in einem auf den Trokarpunkt **74** bezogenen Raumwinkelbereich entsprechend der Doppelpfeile **102**, **104**. Durch das Trokar **76** kann der Angriffswinkel α des Operationswerkzeugs **96** zu einem Gefäß **78** nur durch Verlagern des Operationsinstruments **72** entsprechend der mittels der Doppelpfeile **97**, **98**, **102** und **104** dargestellten Richtungen eingestellt werden, wobei der Angriffsort für das Operationswerkzeug **96** an dem Gefäß **78** dann allerdings ebenfalls verändert wird. Zu einer gegebenen Stelle des Situs **60** in dem Patientenaugen **62** ergibt sich der mögliche Angriffswinkel α für das Operationswerkzeug **96** aus der Geometrie des Ope-

rationsinstruments **72** und die Lage des Trokarpunkts **74** für das Trokar **76** in der Pars plana **67** der Sklera **63** des Patienten Auges **62**.

[0038] Die Rechneinheit **82** in dem Augen Chirurgie-Operationssystem **10** enthält deshalb eine Trokarpunkt-Berechnungsroutine. Die Trokarpunkt-Berechnungsroutine berechnet zu einem Operationssitus **60** in einem Patientenauge **62** und zu einem für den operativen Eingriff geeigneten Operationsinstrument **72** eine für den operativen Eingriff günstige Lage eines Trokarpunkts **74**, an dem ein Trokar **76** an das Patientenauge **62** angesetzt werden kann, durch das sich das Operationsinstrument **72** derart in das Innere des Patienten Auges **62** einführen lässt, dass mittels des Operationswerkzeugs **96** des Operationsinstruments **72** der Eingriff in das Gefäß **78** unter einem für den Eingriff günstigen Angriffswinkel α erfolgen kann.

[0039] Das in der **Fig. 2** gezeigte Operationswerkzeug **96** des Operationsinstruments **72** ist ein Operationswerkzeug, das bei gleichem Angriffswinkel α eine Varianz der Orientierung des Schafts **94** zum Operationssitus **60** erlaubt, denn das Operationswerkzeug **96** kann grundsätzlich um die Inklinationsachse **99** gedreht werden, ohne dass der Angriffswinkel α dabei verändert wird.

[0040] Vorliegend besteht deshalb grundsätzlich zu dem vorgegebenen Angriffswinkel α des Operationswerkzeugs **96** des Operationsinstruments **72** eine Vielzahl von für den geplanten chirurgischen Eingriff geeigneter Trokarpunkte, die auf einer Kurve auf der Oberfläche der Sklera liegen, die sich aus der Orientierungsvarianz des entsprechenden Operationsinstruments ergibt, soweit die Kurvenpunkte dieser Kurve in der Pars plana der Sklera angeordnet sind.

[0041] Wenn dagegen ein Operationsinstrument keine Varianz der Orientierung seines Operationswerkzeugs zu dem Operationssitus ermöglicht, ergibt sich die Lage eines für den geplanten chirurgischen Eingriff geeigneten Trokarpunkts schon aus dem vorgegebenen Angriffswinkel α des Operationswerkzeugs **96** des Operationsinstruments **72** zu dem Operationssitus **60**. Hier verbleibt lediglich die Möglichkeit, innerhalb einer ggf. vorhandenen Toleranz einen passenden, d.h. innerhalb der Pars-Plana liegenden Durchstoßpunkt der Sklera zu ermitteln.

[0042] Zu bemerken ist, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine vorsehen kann, dass eine Nutzung eines bestimmten, von dem Operateur ausgewählten Operationsinstruments an dem Operationssitus des operativen Eingriffes in dem Patientenauge **62** nicht möglich ist. Auf diese Weise wird dem Operateur ermöglicht, eine Planung der chirurgischen Operation bereits in der Planungsphase zu korrigieren.

[0043] Die **Fig. 3** zeigt eine in dem Augen Chirurgie-Operationssystem **10** mittels eines Kreuzsymbols **106** visualisierte Lage des Trokarpunkts **74**. Die Lage des Trokarpunkts **74** ist in der Rechneinheit **82** mittels der Trokarpunkt-Berechnungsroutine berechnet. In dem Augen Chirurgie-Operationssystem **10** wird die Lage des Trokarpunkts **74** auf der Pars plana **67** der Sklera **63** des Patienten Auges **62** in dem ersten und zweiten Okulareinblick **36, 38** einem Operateur in Überlagerung zu einem Bild des in der **Fig. 1** kenntlich gemachten Objektbereichs **14** zur Anzeige gebracht.

[0044] In der **Fig. 4** ist ein Flussdiagramm **108** über eine Trokarpunkt-Berechnungsroutine zu sehen, die in einer Rechneinheit **82** des Augen Chirurgie-Operationssystems **10** abgespeichert ist. Mittels der Trokarpunkt-Berechnungsroutine wird in der Rechneinheit **82** die Lage des Trokarpunkts **74** aus der Lage wenigstens eines Operationssitus **60** in einem Modell des Patienten Auges und aus geometrischen Informationen zu wenigstens einem durch ein Trokar **76** in das Patientenauge **62** einführbares Operationsinstrument **72** berechnet, die in der Trokarpunkt-Berechnungsroutine aus einem Modell über das Operationsinstrument **72** ermittelt werden.

[0045] Die Trokarpunkt-Berechnungsroutine in der Rechneinheit **82** weist eine Augenmodell-Ermittlungsstufe **110** auf, die aus präoperativ erfassten Messdaten **112** zu dem Patientenauge **62** ein Augenmodell ermitteln, das durch einen Vergleich mit der Rechneinheit **82** zugeführten Bilddaten aus den Bilderfassungseinrichtungen **42, 48** in dem Operationsmikroskop **12** dieses Augenmodell zu dem in dem Objektbereich **14** des Operationsmikroskops **12** angeordneten Patientenauge **62** referenziert. In der Augenmodell-Ermittlungsstufe **110** können dabei Daten **111** über mögliche Lagen eines Trokars **76** an einem Patientenauge **62** berücksichtigt werden. Solche Daten können z. B. auf Vorwissen und/oder dem ermittelten Modellauge oder auch einem anderen Modellauge basieren.

[0046] Zu bemerken ist, dass in einer modifizierten Ausführungsform der Trokarpunkt-Berechnungsroutine vorgesehen sein kann, dass das Augenmodell in der Augenmodell-Ermittlungsstufe ausschließlich oder auch zusätzlich aus intraoperativ erfassten Messdaten zu dem Patientenauge ermittelt wird. Zu bemerken ist insbesondere, dass Messdaten für das ermitteln eines Augenmodells des Patienten Auges OCT-Daten sein können.

[0047] Das in der Augenmodell-Ermittlungsstufe **110** ermittelte Augenmodell umfasst die in der **Fig. 1** gezeigte Sklera **63** und die Retina **81** sowie deren räumliche Beziehung zueinander.

[0048] Die Trokarpunkt-Berechnungsroutine bewertet dann einen Datensatz **114** zu Operationsinstrument-Modellen und einen Datensatz **116** über Diagnosedaten, aus denen in einer Diagnosedatenauswertestufe **118** ein Operationssitus **60** in dem Patientenauge **62** ermittelt wird. Zu dem ermittelten Augenmodell sowie dem Datensatz **114** zu Operationsinstrument-Modellen und der Information der in der Diagnosedatenauswertestufe **118** ermittelten Lage des Operationssitus **60** wird dann in einer Trokarlageplanungsstufe **120** die räumliche Lage des Trokarpunkts **74** des Trokars **76** berechnet. Zu der berechneten räumlichen Lage des Trokarpunkts **74** wird dann in einer Augmentierungsstufe **122** der Trokarpunkt-Berechnungsroutine ein Bilddatensatz mit Bilddaten generiert, welche die Information einer für den geplanten operativen Eingriff günstigen Lage des Trokars **76** in einem zu dem Patientenauge **62** in dem Objektbereich **14** des Operationsmikroskops **12** in dem Augenchirurgie-Operationssystem **10** referenzierten Augenmodell des Patienten Auges **62** enthalten. In dem Augenchirurgie-Operationssystem **10** kann damit die Information der gesuchten günstigen Lage des Trokars **76** mittels der Visualisierungseinrichtungen **86, 88** in dem Operationsmikroskop **12** zur Anzeige gebracht werden oder an dem Monitor der Visualisierungseinrichtung **84** angezeigt werden.

[0049] Die **Fig. 5** zeigt ein auf OCT-Daten basierendes Modell **121** des Patienten Auges **62**, in dem das Patientenauge **62** als eine Kugel abstrahiert wird, die eine der Blickrichtung des Patienten Auges **62** entsprechende Orientierung hat, die mittels des Pfeils **124** kenntlich gemacht ist. Das Modell **121** enthält eine räumliche Beziehung der Retina **81** und zu der Pars plana **67**.

[0050] Die **Fig. 6** zeigt das Modell **121** des Patienten Auges **62** mit einem Operationssitus **60** und mit einem Modell **125** des Operationsinstruments **72**.

[0051] In der **Fig. 7** ist das Modell **121** des Patienten Auges **62** mit dem in der Trokarlageplanungsstufe **120** berechneten Trokarpunkt **74** und dem Modell **125** des Operationsinstruments **72** zu sehen.

[0052] Die **Fig. 8** zeigt einen Abschnitt des Patienten Auges **62** mit einem weiteren Operationsinstrument **72'** und mit einem Trokar **76**, das an dem Patientenauge **62** an einem Trokarpunkt **74** gesetzt ist. Das Operationsinstrument **72'** weist als Operationswerkzeug **96** eine Schere auf.

[0053] Auch das Operationsinstrument **72'** durchsetzt das Trokar **76** und kann in diesem in der Richtung des Doppelpfeils **97** bewegt sowie entsprechend dem Doppelpfeil **98** um seine Längsachse **100** gedreht werden. Das Trokar **76** ermöglicht außerdem das Verschwenken des Operationsinstruments **72** um den Trokarpunkt **74** in einem auf den Trokarpunkt

74 bezogenen Raumwinkelbereich entsprechend der Doppelpfeile **102, 104**. Durch die Lage des Trokarpunkts **74** des Trokars **76** ist der Angriffswinkel α des Operationswerkzeugs **96** zu einem Gefäß **78** vorgegeben.

[0054] Mittels der vorstehend anhand der **Fig. 4** beschriebenen Trokarpunkt-Berechnungsroutine kann in der Rechneinheit **82** die Lage des Trokarpunkts **74** aus der Lage wenigstens eines Operationssitus **60** in einem Modell des Patienten Auges **62** und aus geometrischen Informationen zu wenigstens einem durch das Trokar **76** in das Patientenauge **62** einführbares Operationsinstrument **72'** berechnet werden, die in der Trokarpunkt-Berechnungsroutine aus einem Modell über das Operationsinstrument **72'** ermittelt werden.

[0055] Zu bemerken ist, dass eine zu der vorstehend beschriebenen Trokarpunkt-Berechnungsroutine alternative Trokarpunkt-Berechnungsroutine vorsehen kann, dass mehrere gleichwertige Operationsinstrumente mit Operationswerkzeugen in eine Operationsplanung einbezogen werden, wobei berücksichtigt wird, dass die Operationswerkzeuge der Operationsinstrumente für unterschiedliche Angriffswinkel an dem Operationssitus ausgelegt sind. Zu bemerken ist, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine alternativ oder zusätzlich auch berücksichtigen kann, dass der Angriffswinkel des Operationswerkzeugs eines Operationsinstruments einstellbar ist.

[0056] Alternativ oder zusätzlich kann die Trokarpunkt-Berechnungsroutine vorsehen, dass einem Operateur in dem Augenchirurgie-Operationssystem **10** Wahlmöglichkeiten für Trokarpunkte **74** bereitgestellt werden, an denen ein Trokar **76** gesetzt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann die Trokarpunkt-Berechnungsroutine dazu ausgelegt sein, einem Operateur aufzuzeigen, welche Operationsinstrumente **72, 72'** mit Operationswerkzeugen **96** bei bestimmten Trokarpunkten **74** einsetzbar sind. Insbesondere kann die Trokarpunkt-Berechnungsroutine derart ausgelegt sein, dass anhand eines Optimierungskriteriums für den Operateur besonders vorteilhafte Operationsinstrumente für das Durchführen des chirurgischen Eingriffs angezeigt werden oder dass Trokarpunkte **74** mittels eines Optimierungsverfahrens eine ergonomisch günstige Haltung des Operateurs berücksichtigen oder so gewählt werden, dass die Gefahr der Verletzung von kritischen Gewebe in einem Patientenauge **62** durch Maximierung des Abstands des Operationswerkzeugs **96** des Operationsinstruments **72** zu dem kritischen Gewebe minimiert wird.

[0057] Zu bemerken ist, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine dazu ausgelegt sein kann, Kombinationen des Operationswerkzeugs **96** eines Operationsinstruments **72** und des Operationssitus **60** in

dem Patientenauge **62** als eine Punkteschar mit Trokarpunkten **74** anzugeben, die für das Durchführen eines geplanten chirurgischen Eingriffs herangezogen werden können und die zueinander grundsätzlich gleichwertig sind und aus denen ein Operateur dann auswählen kann. Darüber hinaus ist zu bemerken, dass eine Trokarpunkt-Berechnungsroutine zusätzlich auch vorsehen kann, dass aus der Trokarpunkt-Berechnungsroutine anhand eines Optimierungsverfahrens besonders vorteilhafte Trokarpunkte ermittelt werden.

[0058] Außerdem ist zu bemerken, dass, sollte die Behandlung mehrerer Areale auf der Retina erforderlich sein, diese Kombinationen des Operationswerkzeugs **96** eines Operationsinstruments **72** und des Operationssitus in dem Patientenauge **62** in einer Trokarpunkt-Berechnungsroutine berücksichtigt werden können, um einen Trokarpunkt **74** so zu bestimmen, dass die Angriffswinkel des Operationswerkzeugs **96** eines Operationsinstruments **72** zu dem Operationssitus **60** in einem bestimmten vorgegebenen Winkelbereich liegen oder z.B. minimal sind. Dabei kann die Anzahl berechneter Trokarpunkte verringert werden, wenn aufgrund eines Kontrollkriteriums das Ergebnis der Berechnung als nicht tragfähig angesehen wird.

[0059] Zusammenfassend ist insbesondere folgendes festzuhalten: Die Erfindung betrifft ein Augen-chirurgie-Operationssystem **10** mit einer Visualisierungseinrichtung **84, 86, 88** zum Visualisieren der Lage wenigstens eines Trokarpunkts **74** für ein Trokar **76** auf der Sklera **63** eines Patientenauges **62**, das zum Einführen eines für chirurgische Eingriffe am Hintergrund des Patientenauges **62** ausgelegten Operationsinstruments **72** in das Patientenauge **62** dient, und mit einer Rechneinheit **82**, die für das Bereitstellen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts **74** an die Visualisierungseinrichtung **84, 86, 88** ausgelegt ist. Die Rechneinheit **82** enthält dabei eine Trokarpunkt-Berechnungsroutine, die zum Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts **74** aus der Lage wenigstens eines Operationssitus **60** in einem Modell des Patientenauges **62** und aus geometrischen Informationen zu wenigstens einem durch ein Trokar **76** in das Patientenauge **62** einführbares Operationsinstrument **72** eingerichtet ist.

Bezugszeichenliste

10	erstes Augenchirurgie-Operationssystem
12	Operationsmikroskop
14	Objektbereich
16	Abbildungsoptik
18	Mikroskophauptobjektivsystem
20	Grundkörper

22	Beleuchtungseinrichtung
24	Beleuchtungsstrahlengang
26	afokales Vergrößerungssystem
28	erster stereoskopischer Teilbeobachtungsstrahlengang
30	zweiter stereoskopischer Teilbeobachtungsstrahlengang
32	Schnittstelle
34	Binokulartubus
36, 38	Okulareinblick
40a, 40b	Auge
42	erste Bilderfassungseinrichtung
44	erstes Objektivlinsensystem
46	erster Bildsensor
48	zweite Bilderfassungseinrichtung
50	zweites Objektivlinsensystem
52	zweiter Bildsensor
54	Ophthalmoskopievorsatzmodul
56	Ophthalmoskopierlupenträger
58	Ophthalmoskopierlupe
60	Operationssitus
62	Patientenauge
63	Sklera
64	natürliche Linse
66	Cornea
67	Pars plana
68	Zwischenbildebene
69	Abbildungsebene auf dem ersten Bildsensor
70	Abbildungsebene auf dem zweiten Bildsensor
72, 72'	Operationsinstrument
74	Trokarpunkt
76	Trokar
78	Gefäß
80	Hintergrund des Patientenauges 62
81	Retina
82	Rechneinheit
83	Eingabeschnittstelle
84, 86, 88	Visualisierungseinrichtungen

90, 92	Display
94	Schaft
96	Operationswerkzeug
97, 98	Doppelpfeil
99	Inklinationsachse
100	Längsachse
102, 104	Doppelpfeil
106	Kreuzsymbol
108	Flussdiagramm
110	Augenmodellermittlungsstufe
111	Daten
112	Messdaten
114	Datensatz zu Operationsinstrument-Modellen
116	Datensatz über Diagnosedaten
118	Diagnosedatenauswertestufe
120	Trokarlageplanungsstufe
121	Modell des Patientenauges
122	Augmentierungsstufe
124	Pfeil
125	Modell des Operationsinstruments

Patentansprüche

1. Augenchirurgie-Operationssystem (10) mit einer Visualisierungseinrichtung (84, 86, 88) zum Visualisieren der Lage wenigstens eines Trokarpunkts (74) für ein Trokar (76) auf der Sklera (63) eines Patientenauges (62), das zum Einführen eines für chirurgische Eingriffe am Hintergrund des Patientenauges (62) ausgelegten Operationsinstruments (72) in das Patientenauge (62) dient, und mit einer Rechneinheit (82), die für das Bereitstellen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) an die Visualisierungseinrichtung (84, 86, 88) ausgelegt ist, wobei die Rechneinheit (82) eine Trokarpunkt-Berechnungsroutine enthält, die zum Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) aus der Lage wenigstens eines Operationssitus (60) in einem Modell des Patientenauges (62) und aus geometrischen Informationen zu wenigstens einem durch ein Trokar (76) in das Patientenauge (62) einfühbares Operationsinstrument (72) eingerichtet ist.

2. Augenchirurgie-Operationssystem (10) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine Einrichtung für das Referenzieren des Modells des Patientenauges zu dem Patientenauge (62).

3. Augenchirurgie-Operationssystem (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine zum Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) unter Berücksichtigung einer für das Manipulieren des Operationsinstruments (72) in einem chirurgischen Eingriff ergonomisch günstige Körperhaltung eines Operateurs eingerichtet ist.

4. Augenchirurgie-Operationssystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) unter Maximieren eines Abstands des Operationsinstruments (72) von einem Bereich kritischen Gewebes in dem Modell des Patientenauges (62) eingerichtet ist.

5. Augenchirurgie-Operationssystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen mehrerer möglicher mittels der Visualisierungseinrichtung (84, 86, 88) anzeigbarer Lagen von Trokarpunkten (74) zu einem Operationsinstrument (72) eingerichtet ist.

6. Augenchirurgie-Operationssystem (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen mehrerer möglicher mittels der Visualisierungseinrichtung (84, 86, 88) anzeigbarer Lagen von Trokarpunkten (74) zu unterschiedlichen Operationsinstrumenten (72) eingerichtet ist.

7. Augenchirurgie-Operationssystem (10) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechneinheit (82) für das Bereitstellen einer Operationsinstrumentenanzeigefunktion an die Visualisierungseinrichtung (84, 86, 88) ausgelegt ist, um mittels der Visualisierungseinrichtung (84, 86, 88) zu einem bestimmten Operationsinstrument (72) gehörende Trokarpunkte (74) kenntlich zu machen.

8. Augenchirurgie-Operationssystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) durch Anwenden wenigstens eines Optimierungskriteriums ausgelegt ist.

9. Augenchirurgie-Operationssystem (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Optimierungskriterium einen Operationsablauf berücksichtigt, bei dem mehrere gleichwertige Operationsinstrumente (72, 72') mit Operationswerkzeugen (96) in eine Operationsplanung einbezogen sind, wobei berücksichtigt ist, dass die Operationswerkzeuge (96) der Operationsinstrumente (72, 72') unterschiedliche Inklinationswinkel (β) zu einer Längsachse (100) eines Schafts (94) des Operationsinstruments (72)

aufweisen und/oder wobei eine Behandlung mehrerer voneinander beabstandeter Areale auf dem Hintergrund des Patientenauges (62) erfolgt und die Trokarpunkt-Berechnungsroutine Kombinationen unterschiedlicher Operationsinstrumente (72) mit Operationswerkzeugen (96) berücksichtigt, deren Inklinationswinkel β zu dem Schaft (94) des Operationsinstruments (72) variiert, um einen Trokarpunkt (74) so zu bestimmen, dass die Operationsinstrumente (72) durch ein einziges an dem Trokarpunkt (74) angeordnetes Trokar (76) den erforderlichen Angriffswinkel α des Operationswerkzeugs (96) zu dem Operationssitus (60) in den voneinander beabstandeten Arealen auf dem Hintergrund (80) des Patientenauges (62) gewährleisten, zumindest im Rahmen eines bestimmten Toleranzbereiches.

10. Augenchirurgie-Operationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) einen vorgegebenen Soll-Angriffswinkel α_{soll} eines Operationswerkzeugs (96) des Operationsinstruments (72) zu dem wenigstens einen Operationssitus (60) verarbeitet.

11. Augenchirurgie-Operationssystem nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trokarpunkt-Berechnungsroutine für das Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) einen vorgegebenen Toleranzbereich für den Soll-Angriffswinkel α_{soll} eines Operationswerkzeugs (96) des Operationsinstruments (72) zu dem wenigstens einen Operationssitus (60) verarbeitet und zu einer berechneten Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) einen aus dem Toleranzbereich für den Soll-Angriffswinkel α_{soll} des Operationswerkzeugs (96) ermittelten Toleranzbereich angibt.

12. Computerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen der Lage wenigstens eines Trokarpunkts (74) auf der Sklera (63) im Bereich der Pars plana (67) eines Patientenauges (62) für das Setzen eines Trokars (76), das zum Einführen wenigstens eines für chirurgische Eingriffe am Hintergrund (80) des Patientenauges (62) ausgelegten Operationsinstruments (72) in das Patientenaugen (62) ausgebildet ist, bei dem die Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) aus der Lage wenigstens eines Operationssitus (60) in einem Modell des Patientenauges (62) und aus geometrischen Informationen über das wenigstens eine Operationsinstrument (72) berechnet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass für das Berechnen der Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) ein vorgegebener Soll-Angriffswinkel α_{soll} eines Operationswerkzeugs (96) des Operationsinstruments (72) zu dem wenigstens einen Operationssitus (60) verarbeitet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein vorgegebener Toleranzbereich für den Soll-Angriffswinkel α_{soll} eines Operationswerkzeugs (96) des Operationsinstruments (72) zu dem wenigstens einen Operationssitus (60) verarbeitet und zu einer berechneten Lage des wenigstens einen Trokarpunkts (74) ein aus dem Toleranzbereich für den Soll-Angriffswinkel α_{soll} des Operationswerkzeugs (96) ermittelter Toleranzbereich angegeben wird.

15. Computerprogramm mit Programmcodemitteln für das Ausführen des in Anspruch 12 angegebenen Verfahrens auf einer Rechneinheit (82).

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

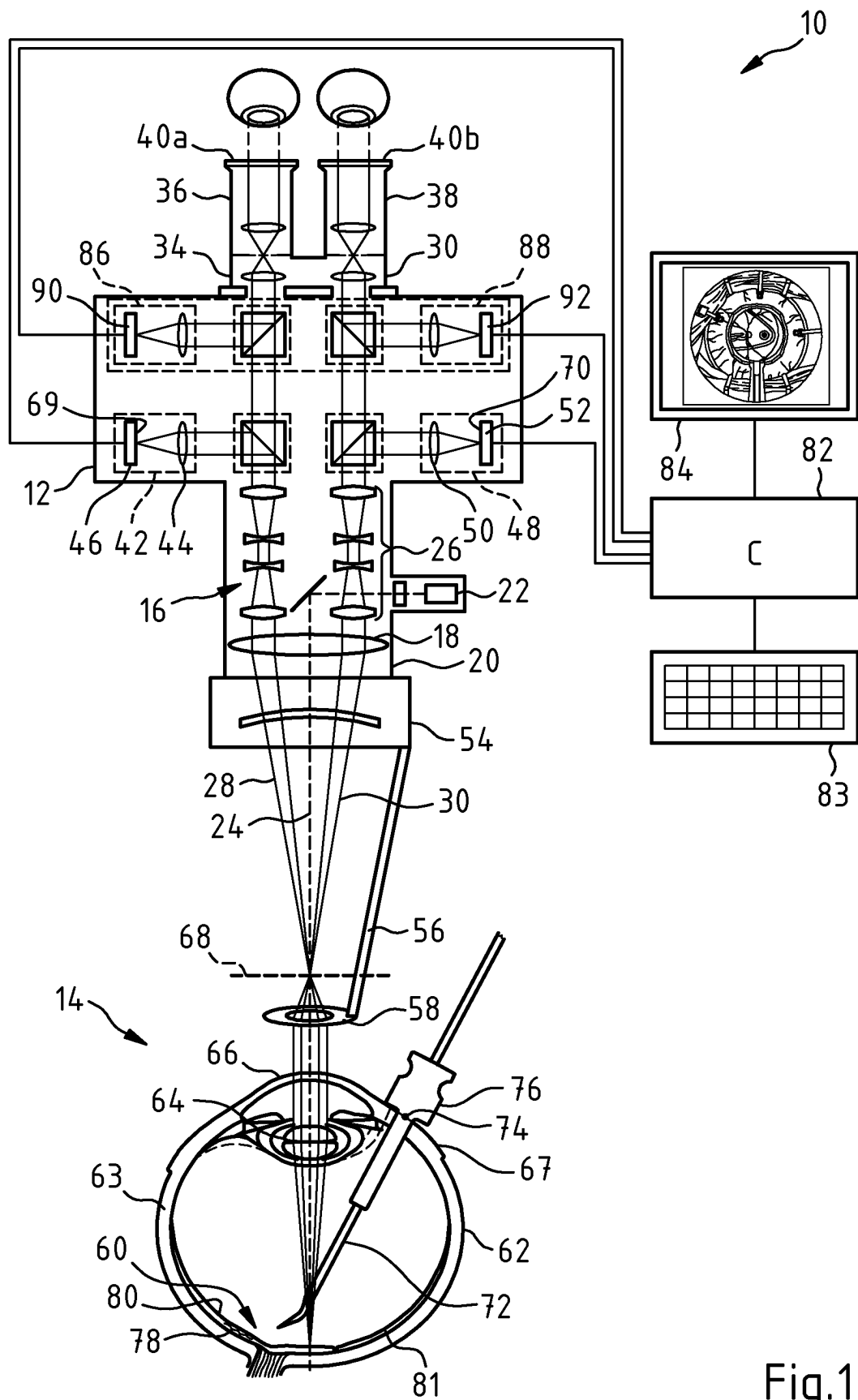


Fig.1

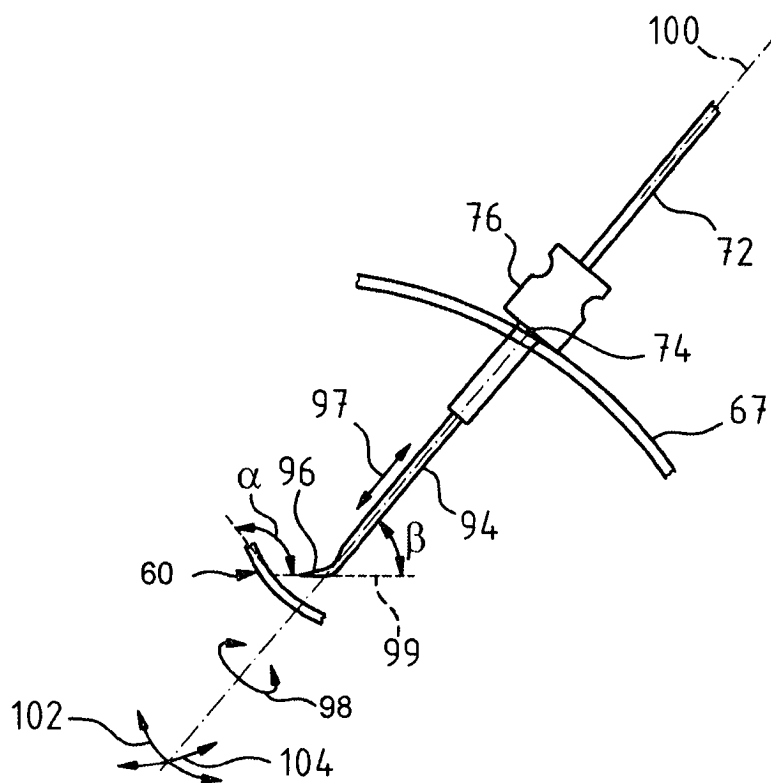


Fig.2

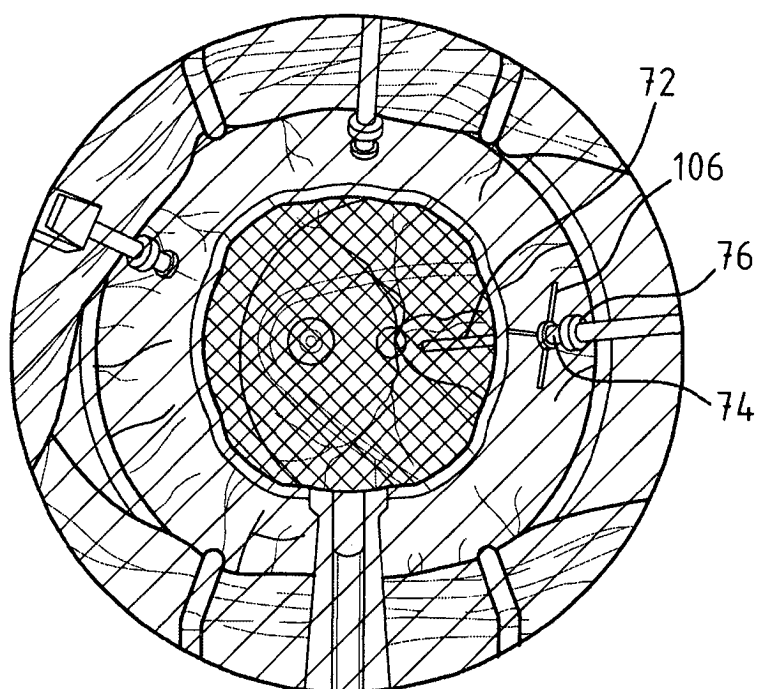


Fig.3

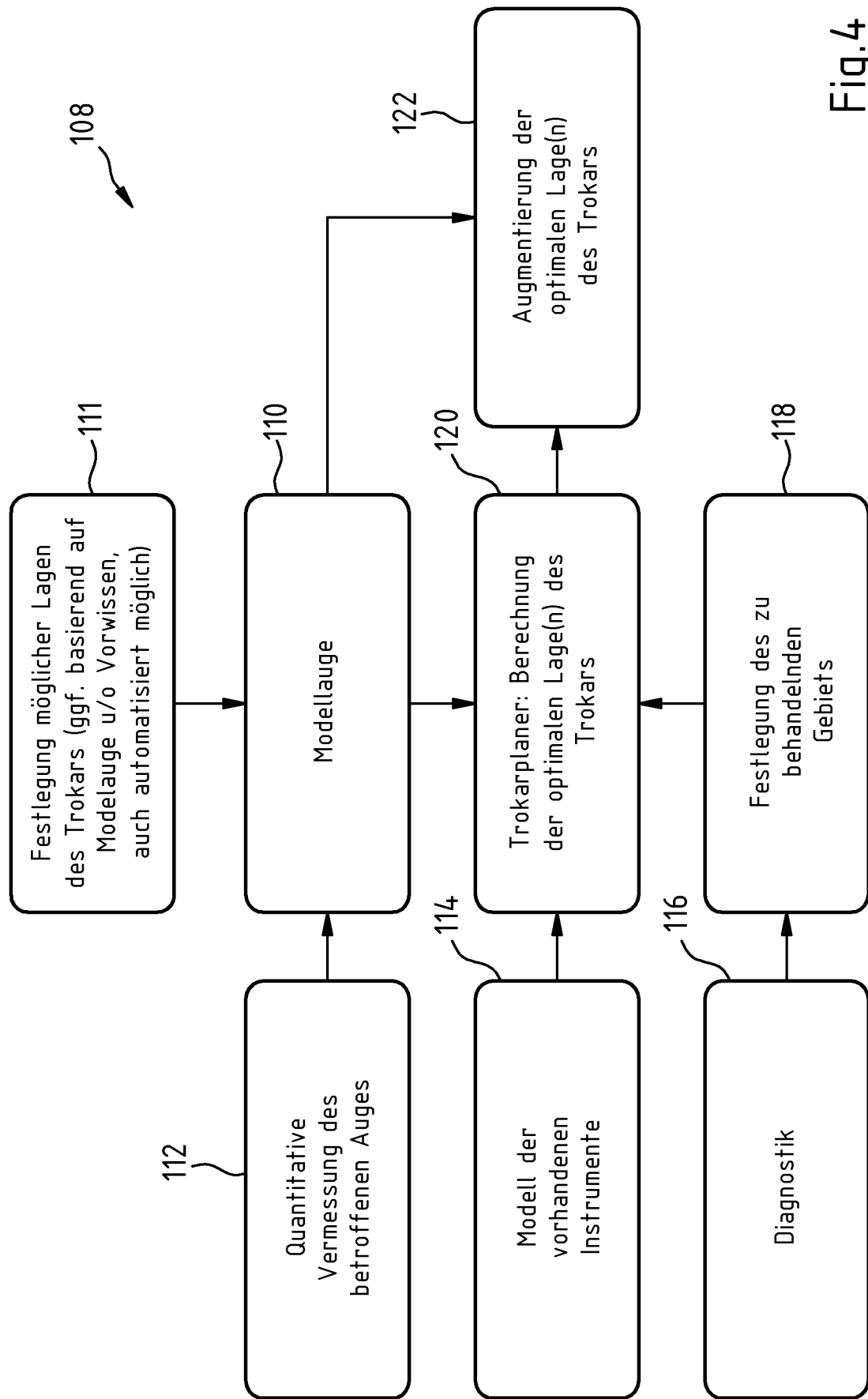


Fig.4

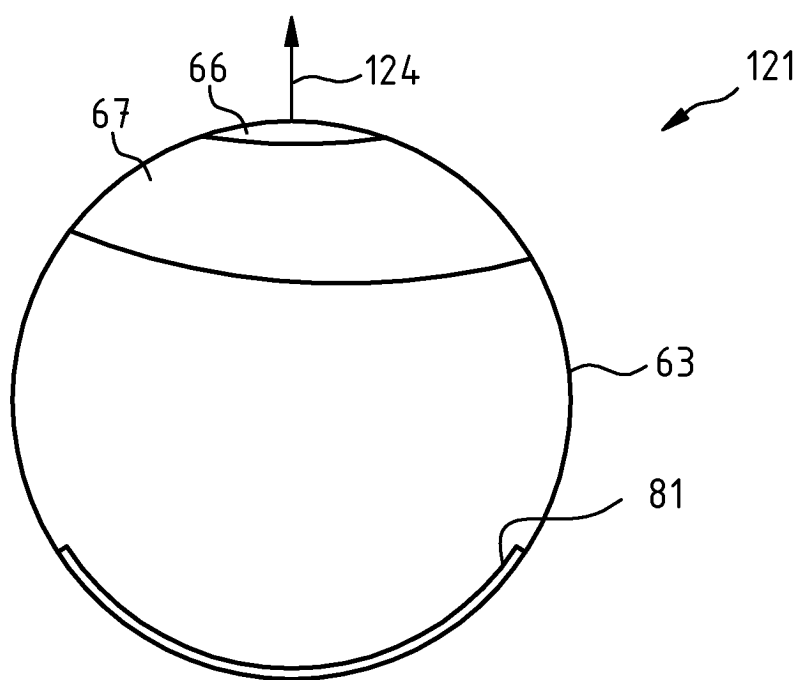


Fig.5

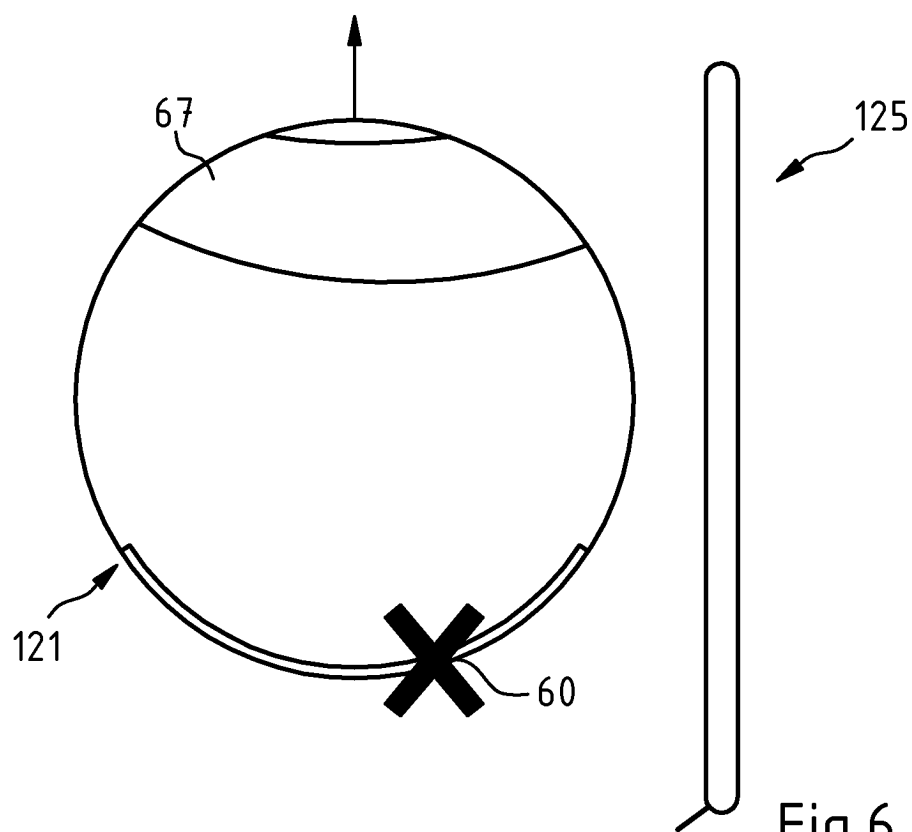


Fig.6

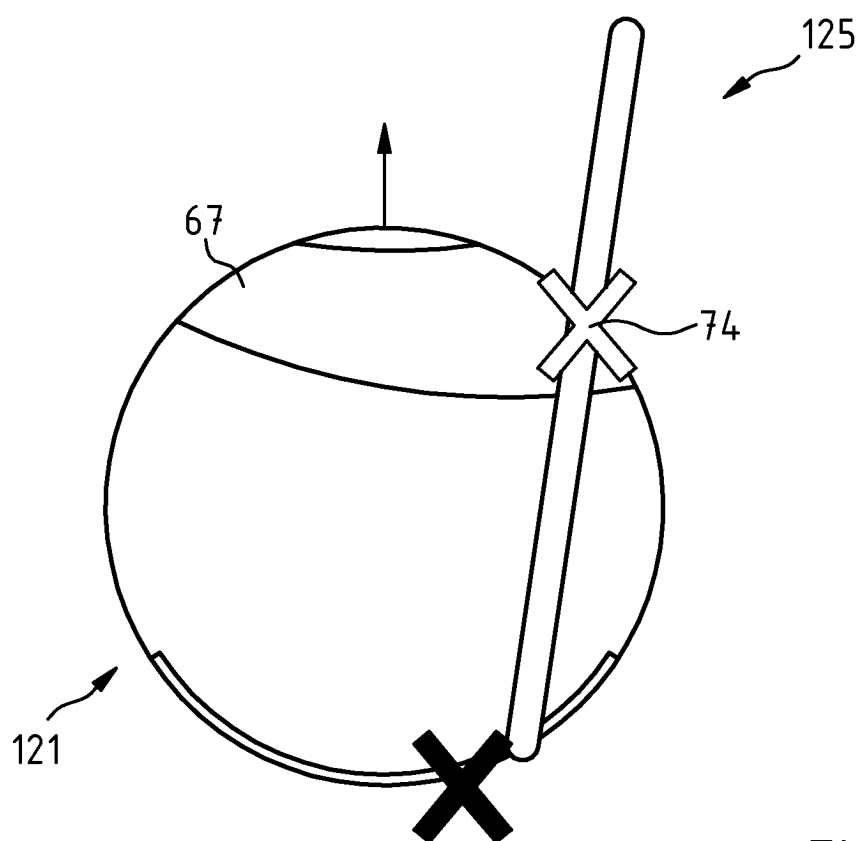


Fig. 7

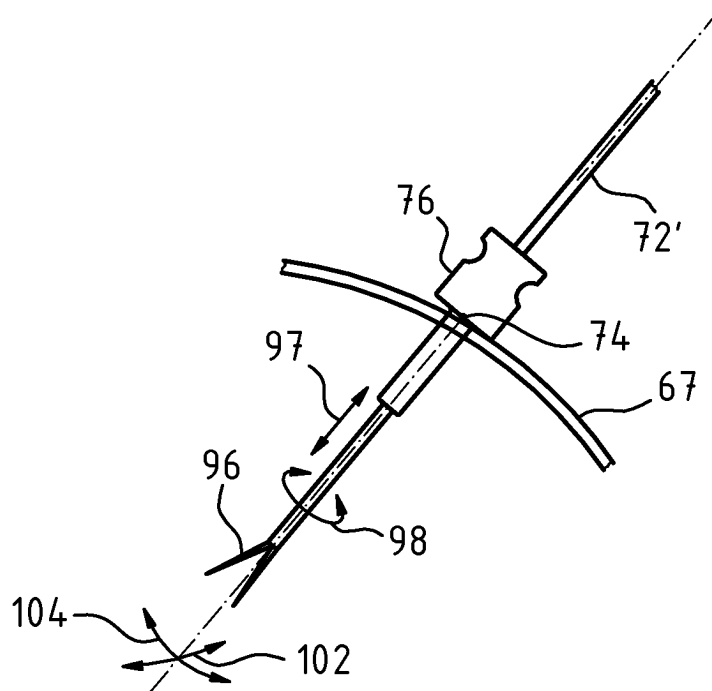


Fig. 8