

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. September 2019 (12.09.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/170669 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
A61F 9/007 (2006.01) A61F 9/008 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/055440

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. März 2019 (05.03.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 203 356.0
07. März 2018 (07.03.2018) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS MEDITEC AG** [DE/DE];
Göschwitzer Str. 51 - 52, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder: **HACKER, Martin**; Ammerbacher Straße 105, 07745 Jena (DE). **BISCHOFF, Mark**; Im Krähmer 12, 07749 Jena (DE). **DIETRICH, Christian**; Von-Hase-Weg 1, 07743 Jena (DE).

(74) Anwalt: **RÖBNER, Ulrike**; Carl Zeiss AG, Patentabteilung, Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: PLANNING DEVICE AND METHOD FOR GENERATING CONTROL DATA FOR AN OPHTHALMOLOGICAL LASER THERAPY DEVICE FOR STRUCTURES BRIDGING THE CORNEA IN A PRESSURE-REDUCING MANNER

(54) Bezeichnung: PLANUNGSEINRICHTUNG UND -VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON STEUERDATEN FÜR EIN OPHTHALMOLOGISCHES LASERTHERAPIEGERÄT FÜR STRUKTUREN ZUR DRUCKSENKENDEN ÜBERBRÜCKUNG DER KORNEA

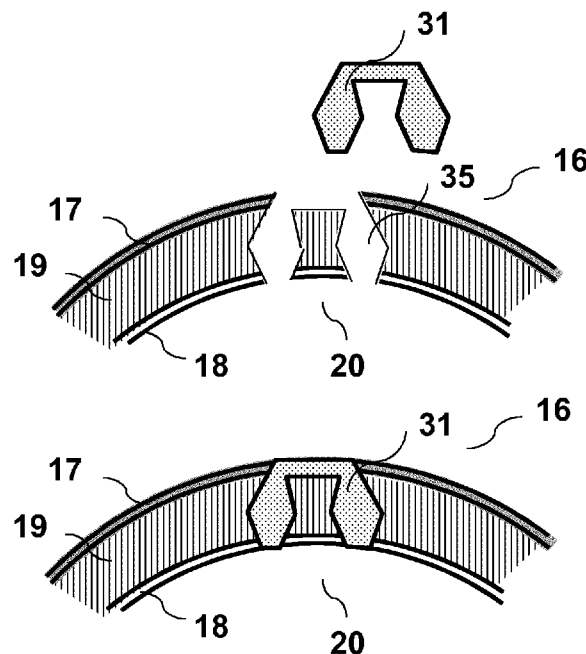


Fig. 5a

Fig. 5b

(57) Abstract: The invention relates to a planning device (P) for generating control data for an ophthalmological laser therapy device (1) having a laser device (L) and a control unit (12), which comprises an interface (S1) for introducing different data and an interface (S2) for taking the control data to the control unit of the ophthalmological laser therapy device, and which is designed to produce, from the introduced data, control data for a scan pattern (25) for the ophthalmological laser therapy device, by means of which a structure (32, 33, 35) can be produced in the cornea (16), the limbus (14) and/or the sclera (21) of an eye of a patient eye (3). The present invention



WO 2019/170669 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

further relates to a corresponding planning method, to an ophthalmological laser therapy device, to a shunt implant (30, 31, 34, 37), to a computer program product and to a method for producing such a structure. The aim of the invention is to provide devices and methods by means of which a stable drainage, which can be reliably and precisely positioned, can be established directly through the cornea, the limbus and/or the sclera. This object is achieved by a planning device having an interface (S1) for introducing data characterising the eye of a patient and for introducing data of a model of a shunt implant and/or of a structure for reducing the bridging pressure of the cornea to be produced in the cornea, the limbus and/or the sclera, which is designed to generate from the introduced data, control data for the scan pattern of this structure and/or a structure for receiving the shunt implant.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Planungseinrichtung (P) zur Erzeugung von Steuerdaten für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät (1) mit einer Lasereinrichtung (L) und einer Steuereinheit (12), die eine Schnittstelle (S1) zum Zuführen verschiedener Daten und eine Schnittstelle (S2) zum Abführen der Steuerdaten an die Steuereinheit des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts umfasst, und die ausgebildet ist, aus den zugeführten Daten Steuerdaten für ein Scanmuster (25) für das ophthalmologische Lasertherapiegerät zu erzeugen, mit dem eine Struktur (32, 33, 35) in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) eines Patientenauges (3) erzeugbar ist. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein entsprechendes Planungsverfahren, ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät, ein Shunt-Implantat (30, 31, 34, 37), ein Computerprogrammprodukt und ein Verfahren zur Erzeugung einer solchen Struktur. Ihre Aufgabe ist es, Vorrichtungen und Verfahren bereitzustellen, mit deren Hilfe eine stabile Drainage direkt durch die Kornea, den Limbus und/oder die Sklera etablierbar ist, die sicher und präzise positionierbar ist. Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Planungseinrichtung mit einer Schnittstelle (S1) zum Zuführen von Daten der Charakterisierung des Patientenauges sowie zum Zuführen von Daten eines Modells eines Shunt-Implantats und/oder einer in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera zu erzeugenden Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, die ausgebildet ist, aus diesen zugeführten Daten Steuerdaten für das Scanmuster dieser Struktur und/oder einer Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats zu erzeugen.

Planungseinrichtung und -verfahren zur Erzeugung von Steuerdaten für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät für Strukturen zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Planungseinrichtung zur Erzeugung von Steuerdaten für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät mit einer Lasereinrichtung zum Erzeugen, Fokussieren und Scannen eines gepulsten Laserstrahls in einem Gewebe eines Patientenauges zum Modifizieren, Mikrostrukturieren oder Durchtrennen des Gewebes entlang eines Scanmusters des Fokus des gepulsten Laserstrahls und einer Steuereinheit zu dessen Steuerung mittels der Steuerdaten, wobei die Planungseinrichtung eine Schnittstelle zum Zuführen verschiedener Daten und eine Schnittstelle zum Abführen der Steuerdaten an die Steuereinheit des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts umfasst, und die ausgebildet ist, aus den zugeführten Daten Steuerdaten für das Scanmuster zu erzeugen, mit dem eine Struktur im Gewebe des Patientenauges erzeugbar ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein entsprechendes Planungsverfahren zur Erzeugung von Steuerdaten für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät, derart, dass mit Hilfe dieser Steuerdaten eine entsprechende Struktur erzeugbar ist, ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät, ein Shunt-Implantat, ein Computerprogrammprodukt und ein Verfahren zur Erzeugung einer Struktur in einem Gewebe des Patientenauges.

Die Verwendungen von Implantaten, teilweise mit Filter-Membran, zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea zur Glaukom-Behandlung, implantiert in Kornea, Limbus oder Sklera, um hierin einen Drainageweg zu schaffen, ist hinreichend bekannt. Stellvertretend seien hier die Druckschriften US 6,881,198 B2, WO 2016/149425 A1, US 2008/0277332 A1, US 2009/0043242 A1, US 8,728,021 B2, US 6,595,945 B2, US6881198B2, WO 2016/109639 A2, WO 2016/100500 A1, US 5,807,302 und US 3,788,327 genannt.

Alle Lösungen die diesen direkten, potentiell widerstandsarmen und damit sehr vorteilhaften Drainageweg nutzen, basieren auf dem manuellen Einbringen eines kornealen Implantats zur Drainage („Kornea-Shunt“). Ein solches Implantat, das also

auch „Shunt“ (da es einen Ablauf bzw. eine Kurzschlussverbindung mit Flüssigkeitsübertritt ermöglicht) oder in einer speziellen Ausführungsform „Stent“ (da es einen Durchgang offenhält) genannt wird, ermöglicht den Ablauf von Kammerwasser aus der Vorderkammer des Patientenauges in den Tränenfilm auf der Kornea-Vorderseite. Damit kann eine substantielle Minderung des Augeninnendrucks (IOP) bewirkt werden. Um diese Zweckbestimmung nach der Implantation dauerhaft wirksam erfüllen zu können ist es wichtig, dass ein solches Shunt-Implantat präzise positioniert und gut fixiert ist.

Als nachteilig erweist es sich, wenn das Implantat vom Patienten als Fremdkörper wahrgenommen wird, weil es eine Reizung von Nerven der Kornea, also der Hornhaut des Auges, oder des Augenlids verursacht. Ebenfalls nachteilig ist es, wenn zwischen Implantat und umgebenden Gewebe Krankheitserreger durch das Epithel der Kornea eindringen und auf diesem Weg eventuell sogar bis in die Vorderkammer gelangen können. Dies stellt ein erhebliches Sicherheitsproblem beim Einsatz kornealer Shunt-Implantate dar.

Es ist weiterhin wichtig, dass das Implantat so beschaffen ist, dass der Abflussweg dauerhaft funktionsfähig bleibt, also Kammerwasser aus der Vorderkammer in geeigneter Menge durch den Kanal abfließen kann. Zudem ist es wichtig, dass der Drainage-Kanal nicht von Krankheitserregern in umgekehrter Richtung durchdrungen werden kann. Hierfür gibt es geeignete Lösungsansätze. Allerdings besteht häufig das Problem, dass nach einer gewissen Zeit die Funktion oder die Sicherheit des Implantats nicht mehr gewährleistet ist. Es muss dann entfernt und durch ein neues Implantat ersetzt werden. Eine solche Austauschbehandlung nutzt nach Möglichkeit die bereits für das Vorimplantat erzeugten und noch bestehenden Inzisionen in der Kornea. Alternativ kann man auch einen dafür vorgesehenen Teil des Implantats austauschen.

Eine zusätzliche Herausforderung stellt bei Shunt-Implantaten in der Kornea dar, dass die Kornea typischerweise nur 500µm dick ist. Damit hat ein entsprechend kurzes und direktes Shunt-Implantat nur eine geringe Kontaktfläche mit dem kornealen Gewebe. Häufig können deshalb diese Implantate nicht stabil in Position gehalten werden. Bei der alternativen Verwendung von Halterungen oder Nähten

bedeutet es hingegen einen erheblichen Aufwand, diese einzusetzen. Auch kann es dadurch zu Einschränkungen in der Funktionalität kommen. Insbesondere sind diese Implantate nicht mehr minimalinvasiv und führen häufig zu Augenreizungen. Gelegentlich kommt es sogar zu Einschränkungen im Sichtfeld.

Die bekannten Shunt-Implantate für die Kornea zur Glaukom-Behandlung weisen also zusammenfassend folgende Nachteile auf:

- Unsichere Halterung des Shunt-Implantats bzw. notwendige große Abmessungen zur sicheren Halterung.
- Aufwendige Fixation der Implantate oft durch Vernähen, womit diese Lösungen nicht als minimalinvasiv betrachtet werden können.
- Hohe manuelle Anforderung bei der Herstellung der zur präzisen Positionierung notwendigen vorbereitenden Schnitte, um applikative Kriterien zu erfüllen. Beim Einsatz von mechanischen Werkzeugen ergeben sich Einschränkungen in der Formgebung und Nebenwirkungen durch den Gebrauch eben dieser mechanischen Werkzeuge. Sie können zu einer Belastung und Störung der Gewebeumgebung (Kornea, Lid) führen. Daher ergeben sich Nachteile in der Umsetzung von applikativen Zielen wie Dichtigkeit, Positionsgenauigkeit (insbesondere der axialen Positionsgenauigkeit, das heißt der Tiefenpositionierung), Stabilität und Herstellung der gewünschten Wechselwirkung zwischen dem umgebenden Gewebe und dem Implantat (z.B. Herstellung von erwünschten Vorspannungen).
- Der Drainagefluss ist nicht individuell anpassbar und kann demzufolge nicht einfach entsprechend dem Krankheitsverlauf angepasst werden.

Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Vorrichtungen und Verfahren bereitzustellen, die die genannten Nachteile des Standes der Technik vermeiden. Insbesondere soll eine stabile Drainage direkt durch die Kornea, den Limbus und/oder die Sklera etablieren werden, die sicher und präzise positionierbar ist, bei möglichst weiterer Verkleinerung ihrer Dimensionen und insbesondere der Reduzierung bzw. Vermeidung einer Fremdkörperempfindung. Günstig sind Optionen, die es dabei erlauben den Drainagefluss einzustellen oder abhängig vom Krankheitsverlauf anzupassen.

Die Erfindung ist in den unabhängigen Ansprüchen definiert. Die abhängigen Ansprüche betreffen bevorzugte Weiterbildungen.

Es ist bekannt, dass eine Kurzpuls-Laserbearbeitung der Kornea dazu dienen kann, sichtverbessernde Implantate in die Kornea einzubringen und dort akkurat und stabil zu positionieren. Als Beispiel hierfür sei das „AcuFocus' KAMRA corneal inlay“ zur Verbesserung der Nahsicht durch eine Blende genannt. Für ein Shunt-Implantat zur Glaukom-Behandlung ist jedoch keine vergleichbare Lösung bekannt.

Erfindungsgemäß wird nun ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät genutzt, um ein Gewebe eines Patientenauges, insbesondere im Bereich der Kornea, des Limbus und/oder der Sklera zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea zu befähigen. Konkret bedeutet dies, eine Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges und/oder eine Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges, insbesondere in einer Kornea, einem Limbus und/oder einer Sklera, zu erzeugen. Ein solches ophthalmologisches Lasertherapiegerät weist eine Steuereinheit zur Steuerung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts mittels Steuerdaten sowie eine Lasereinrichtung mit einer Laserquelle zur Erzeugung eines gepulsten Laserstrahls, eine Fokussiervorrichtung zum Fokussieren des gepulsten Laserstrahls in einem Fokus sowie eine Scanvorrichtung zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls in einem Gewebe eines Patientenauges, insbesondere in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera, zum Modifizieren, Mikrostrukturieren oder Durchtrennen des Gewebes entlang eines Scanmusters von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls gemäß der Steuerdaten auf. Eine Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges kann in einer Variante mittels Durchtrennung des Gewebes geschaffen werden. Grundsätzlich ist es aber auch in einer anderen Variante möglich, dass die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges eine Porenzone, gänzlich ohne oder ggf. auch wunschgemäß mit einer Modifikation des die Poren umgebenden Gewebes umfasst (z.B. durch eine Vernetzungsänderung). Auch eine Kombination beider Varianten ist möglich.

Eine Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats wird üblicherweise mittels Durchtrennung des Gewebes geschaffen. In Ausnahmefällen ist jedoch auch eine nicht vollständige Durchtrennung des Gewebes möglich, so dass eine letzte Barriere stehenbleibt, die bei Einführung des Shunt-Implantats durchbrochen wird.

Ein hier einsetzbarer gepulster Laser kann bevorzugt ein Femtosekunden-Laser oder ein Pikosekunden-Laser sein, dessen fokussierter Laserstrahl imstande ist, das Gewebe eines Patientenauges mittels Photodisruption in Folge nichtlinearer Absorption zu trennen. Auch die Nutzung eines Lasers welcher vom Gewebe linear absorbierte Laserstrahlung erzeugt (z.B. Excimer-Laser), in der Regel zur Gewebearbeitung mittels Ablation, ist prinzipiell möglich, um Augengewebe zu strukturieren oder zumindest zu verändern. Er bietet jedoch nur eingeschränkte Möglichkeiten, da er immer an der jeweiligen Gewebe-Oberfläche arbeiten muss. Auch ist es von Vorteil, wenn nichtthermische Laserprozesse zur Strukturierung herangezogen werden, um das Gewebe des Patientenauges weniger zu beanspruchen.

Das Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls im Inneren des Gewebes eines Patientenauges, wie es beispielsweise mit dem Fokus eines Femtosekunden-Lasers oder eines Pikosekunden-Lasers durchgeführt werden kann, beinhaltet hingegen auch das Scannen auf der Oberfläche dieses Gewebes und bietet deshalb wesentlich komfortablere und an die jeweilige Situation angepasste Möglichkeiten der Strukturierung.

Hierfür nutzbare Femtosekunden-Laser weisen beispielsweise eine Wellenlänge aus dem Bereich von 750nm bis 1100nm auf. Auch der Einsatz von Femtosekunden-Lasern mit andern Wellenlängen ist grundsätzlich denkbar. Technisch relativ leicht realisierbar ist beispielsweise auch eine Wellenlänge aus dem Bereich von 375nm bis 550nm bzw. aus dem Bereich von 250nm bis 367nm, was einer Verdoppelung bzw. einer Verdreifachung der Frequenz der technisch derzeit bevorzugten Femtosekunden-Laser entspricht. Femtosekunden-Laser aus dem Wellenlängenbereich von 1020nm bis 1060nm sind für korneale Applikationen seit vielen Jahren etabliert und werden hier beispielhaft eingesetzt.

Die Pulsdauer eines Femtosekunden- oder Pikosekunden-Lasers, der hier einsetzbar ist, ist vorteilhaft wählbar aus einem Pulsdauerbereich von 50fs bis 5ps.

Insbesondere eine Pulsdauer aus einem Bereich von 100fs bis 1ps, und ganz besonders aus einem Bereich von 250fs bis 600fs ist hier bevorzugt.

Die Pulsenergie eines hier einsetzbaren Femtosekunden- oder Pikosekunden-Lasers liegt vorteilhaft in einem Pulsenergiebereich von 20nJ – 2µJ. Besonders bevorzugt ist eine Pulsenergie von ca. 130nJ.

Die Laserpulsrepetitionsrate, also die Wiederholungsrate der Laserpulse, wird üblicherweise aus einem Bereich von 10kHz bis 50MHz gewählt, vorteilhaft ist eine Laserpulsrepetitionsrate aus einem Bereich von 200kHz bis 20MHz.

Der gepulste Laserstrahl wird fokussiert, um in seinem Fokus, auch Fokuspunkt genannt, zu wirken. Dieser Fokuspunkt weist in der Realität einen Fokuswirkbereich auf, in dem das Gewebe durch die Wechselwirkung mit dem fokussierten Laserstrahl verändert wird. Da der gepulste Laser aber nicht kontinuierlich strahlt, sondern pulswise sendet, und der Laserstrahl während seines Betriebs durch das Gewebe gescannt wird, ergibt sich hierbei ein Scanmuster des gepulsten Laserstrahls mit einer Vielzahl so genannter Fokusspots, wobei ein Fokusspot die jeweilige Lage des Fokuspunktes zum Zeitpunkt eines Laserpulses kennzeichnet. Ein Fokusspot eines gepulsten Laserstrahls ist also als eine Art Zielpunkt eines durch das Gewebe führenden Scanmusters des Fokus des gepulsten Laserstrahls für einen einzelnen Puls vorstellbar. Dabei bildet das Scanmuster mit seinen Fokusspots den Ablauf des Fokus-Scans des gepulsten Laserstrahls räumlich und zeitlich ab.

Das Scannen des gepulsten Laserstrahls sollte dabei uneingeschränkt in allen drei Raumrichtungen x, y, z möglich sein, die Scanvorrichtung also entsprechend ausgelegt sein, sowohl laterale Scans in x- und y-Richtung als auch z-Scans entlang der optischen Achse des gepulsten Laserstrahls zu vollführen.

Die Steuerdaten, mit denen die Steuereinheit das ophthalmologische Lasertherapiegerät steuert, umfassen Daten zur jeweiligen räumlichen Lage (x, y, z)

sowie Leistungsdaten (wie Pulsenergie, Polarisation, Phasenverlauf) des Lasers in Abhängigkeit der Zeit, und beschreiben damit das Scanmuster.

Die Steuereinheit, die in der Regel die von einer Planungseinrichtung erzeugten Steuerdaten nutzt, kann dabei auf alle steuerbaren Einheiten des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts zugreifen, insbesondere auf die Laserquelle, die Fokussiervorrichtung und die Scannvorrichtung. Sie kann dabei einteilig oder mehrteilig aufgebaut sein, und mit den steuerbaren Einheiten des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts wie auch mit der Planungseinrichtung – sowie ggf. mit weiteren Vorrichtungen des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts wie auch mit diesem in Verbindung stehenden Einrichtungen - über drahtgebunden oder drahtlose Kommunikationswege kommunizieren.

Eine Planungseinrichtung zur Erzeugung von Steuerdaten für das ophthalmologische Lasertherapiegerät, das eine Lasereinrichtung mit einer Laserquelle zur Erzeugung eines gepulsten Laserstrahls, eine Fokussiervorrichtung zum Fokussieren des gepulsten Laserstrahls in einem Fokus sowie eine Scannvorrichtung zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls in einem Gewebe eines Patientenauges, insbesondere in einer Kornea, einem Limbus und/oder einer Sklera, zum Modifizieren, Mikrostrukturieren oder Durchtrennen des Gewebes entlang eines Scanmusters von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls gemäß der Steuerdaten sowie eine Steuereinheit zur Steuerung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts mittels der Steuerdaten aufweist, umfasst eine Schnittstelle zum Zuführen von Daten und eine Schnittstelle zum Abführen der Steuerdaten an eine Steuereinheit des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts. Sie ist dabei ausgebildet, aus den zugeführten Daten Steuerdaten für das Scanmuster des Fokus in einem Gewebe des Patientenauges zu erzeugen, mit denen das ophthalmologische Lasertherapiegerät steuerbar ist.

Erfindungsgemäß umfasst nun die Planungseinrichtung eine Schnittstelle zum Zuführen von Daten der Charakterisierung des Patientenauges, insbesondere von Kornea, Limbus und/oder Sklera des Patientenauges, sowie zum Zuführen von Daten eines Modells eines Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung

der Kornea und/oder von Daten einer in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera zu erzeugenden Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea.

Neben den hier erwähnten Daten der Charakterisierung des Patientenauges können jedoch auch weitere Charakterisierungsdaten, insbesondere struktureller Art, beispielsweise Charakterisierungsdaten eines vermessenen Shunt-Implantats, oder aber Sonderziele des Chirurgen, die für die Erzeugung der Steuerdaten von Relevanz sind, wie beispielsweise Geweberegionen, die für die Bearbeitung mit dem gepulsten Laserstrahl chirurgen- oder patientenspezifisch ausgeschlossen werden sollen, zugeführt werden.

Ein „Shunt“ ist eine Ableitungsstruktur, ein „Shunt-Implantat“ ist folglich ein Implantat, das eine Ableitung ermöglicht. In diesem Fall handelt es sich um eine Ableitung von Kammerwasser, das krankheitsbedingt nicht auf natürlichem Wege abgeleitet, d.h. nicht in den Blutkreislauf abgegeben wird. Kann das Kammerwasser nicht abgeleitet werden, so erhöht sich der Augeninnendruck, was langfristig den Sehnerv schädigen und letztlich zur Erblindung führen kann (Glaukom).

Mit dem Shunt-Implantat und/oder einer Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea wird also ein krankhaft erhöhter Augeninnendruck behandelt, indem dafür Sorge getragen wird, dass das überschüssige Kammerwasser im Augeninneren durch Kornea (auch „Hornhaut“ genannt), Limbus und/oder Sklera hindurch nach außen geleitet und somit der Augeninnendruck mit der Umgebung des Patientenauges im beabsichtigten Maße ausgeglichen werden kann.

Die „drucksenkende Überbrückung der Kornea“ bzw. das „Implantat für die drucksenkende Überbrückung der Kornea“ schließt die Möglichkeit einer Überbrückung über den Limbus, also des Randbereiches zwischen Kornea und Sklera, und/oder die Sklera ein: Um das Seevermögen nicht zu stören, sollte die drucksenkende Überbrückung der Kornea sowieso nicht im Innenbereich der Kornea, sondern eher in einem Außenbereich der Kornea, oder aber dem Limbus und/oder der Sklera erfolgen. Die Aufgabe der drucksenkenden Überbrückung der Kornea ist erfüllt, wenn eine Lösung geschaffen ist, durch die eine krankhafte Erhöhung des

Augeninnendruck durch eine Ansammlung von Kammerwasser, das nicht auf natürlichem Wege abgeführt werden kann, kompensiert werden kann.

Die Daten eines Modells eines Shunt-Implantats können dabei in einer Variante aus einer Vielzahl von Modellen von Shunt-Implantaten aus einer Datenbank bzw. einer sogenannten „Look-up-Table“ (LUT) ausgewählt und abgerufen werden. Sie können dabei auch schon – passend zum jeweiligen Shunt-Implantat-Modell - mögliche im Gewebe eines Patientenauges realisierbare Strukturen enthalten. Gleiches gilt für zusätzliche oder anstelle eines Shunt-Implantats realisierbare Strukturen im Kornea-, Limbus- und/oder Sklera-Gewebe zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea: Hier können Standard-Varianten aus einer Datenbank abgerufen werden, die dann an die individuellen Gegebenheiten des zu behandelnden Patientenauges angepasst werden.

In einer anderen Variante können die Daten des Modells eines Shunt-Implantats zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea aber ebenso spezifisch für den Einzelfall durch verschiedene Messungen ermittelt und an die Planungseinrichtung weitergegeben werden. Die benötigten Daten des Modells eines Shunt-Implantats können also mit den spezifischen Patientendaten oder aber als noch patientenunspecifische Prozessplanungsdaten zugeführt werden.

In einer weiteren – sehr rudimentären - Variante können die Daten des Modells des Shunt-Implantats über eine Eingabemaske eingegeben werden.

Die Planungseinrichtung ist weiterhin erfindungsgemäß ausgebildet, aus den zugeführten Daten – als den Daten der Charakterisierung und den Daten des Modells eines Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea und/oder von Daten einer in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera zu erzeugenden Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea – Steuerdaten für das Scanmuster des Fokus des gepulsten Laserstrahls in einem Gewebe des Patientenauges, insbesondere in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera, zu erzeugen. Mit diesen Steuerdaten ist das ophthalmologische Lasertherapiegerät so steuerbar, dass die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea im

Gewebe des Patientenauges erzeugbar ist, und/oder die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea erzeugbar ist.

Erfindungsgemäß wird also mittels einer durch das ophthalmologische Lasertherapiegerät erzeugten Struktur – mit oder ohne Aufnahme eines Shunt-Implantats – ein Druck im inneren der Augenkammer gesenkt.

Wird eine Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats erzeugt, erfolgt dies bevorzugt passgenau: Da das Modell des Shunt-Implantats zur Erzeugung der Steuerdaten für das Scanmuster des Fokus des gepulsten Laserstrahls herangezogen wird, kann die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats daraus sehr passgenau erzeugt werden, was einen entscheidenden Vorteil gegenüber dem Verfahren nach dem Stand der Technik darstellt: Die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats kann damit kleinstmöglich gehalten werden und ihre Form so gestaltet werden, dass sie präzise positioniert und orientiert werden kann. Auch kann auf diese Weise dafür gesorgt werden, dass es im Einsatz – also nach dem Einführen des Shunt-Implantats in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera – die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats keine neben dem Shunt-Implantat befindlichen Öffnungen in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera aufweist. Damit wird das Infektionsrisiko gesenkt und die Wundheilung weiter beschleunigt. Der Gesamtprozess der Erzeugung der Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats sowie die Einführung des Shunt-Implantats wird auf diese Weise vereinfacht, da die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats und das Shunt-Implantat dann zueinander passend ausgestaltet sind.

Eine „passgenaue“ Erzeugung einer Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats muss dabei nicht maßgetreu die Daten des Modells des Shunt-Implantats wiedergeben. Vielmehr kann eine gezielte Steuerung einer Maßdifferenz zwischen der im Gewebe zu erzeugenden Struktur und dem einzusetzenden Shunt-Implantat durch entsprechend erzeugte Steuerdaten für das ophthalmologische Lasertherapiegerät dazu verwendet werden, eine sich nach der Implantation des Shunt-Implantats ergebende Dichtungspressung (Vorspannung) der Gewebeumgebung gegenüber dem Shunt-Implantat zu definieren.

Zusammenfassend wird also vorgeschlagen, ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät zu nutzen, um Gewebemodifikationen, Mikrostrukturen und/oder Perforationen bzw. Schnitte (im Folgenden werden die Begriffe „Schnitt“ oder „Perforation“ synonym verwendet) in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera herzustellen und damit eine Verbindung zwischen Tränenfilm und Augenvorderkammer herzustellen, die den Abfluss von Kammerwasser erlaubt.

Die Technik der Laserbearbeitung, insbesondere mit einem hier beschriebenen Lasertherapiegerät, erlaubt es, flächige, ebene oder gekrümmte, Schnitte oder Gewebeänderungen sehr exakt und im Sinne einer Mikrostrukturierung durchzuführen. Das heißt, dass die Positionierung von Schnitten und ihre Lage zueinander in der Dimensionierung einzelner Zellschichten und damit auf wenige Mikrometer genau erfolgen kann.

Weiterhin kann die Bearbeitung des Gewebes des Patientenauges, insbesondere der Kornea, des Limbus und/oder der Sklera, mit einer flexiblen, auch räumlich präzisen Formgebung erfolgen, so dass das Einsetzen eines entsprechend komplementär geformten Mikroimplantats mit sehr hoher Positioniergenauigkeit (10 µm) und in der gewünschten Orientierung im Gewebe des Patientenauges erfolgt. Mit diesem Bearbeitungsansatz kann erreicht werden, dass eine optimale dreidimensionale Struktur im Gewebe des Patientenauges, insbesondere in Kornea, Limbus und/oder Sklera, zur Aufnahme des Shunt-Implantats – sozusagen als „Fassung“ für einen Mikroshunt hergestellt wird, der in diese Struktur eingeschoben wird und dort dann passgenau und stabil eingesetzt bleibt. Zur Herstellung dieser dreidimensionalen „Fassung“ kann auch Gewebe entnommen werden, welches durch Schnitte von der Umgebung separiert wurde.

Nicht zuletzt erlaubt dieser Bearbeitungsansatz, dass ein definiertes Reservoir für die Aufnahme von Kammerwasser erzeugt werden kann, das als ein Element in der Drainagekette dient und, dass hierdurch eine Behandlung von trockenen Augen oder eine Intraokulardruck-Reduktion erfolgt.

Die Schnitte zur Erzeugung der Strukturen sind mittels des gepulsten Laserstrahls schnell, präzise und automatisiert ausführbar, um eine gewünschte Perforation zur

Drainage von Kammerwasser über die Kornea herbeizuführen, und/oder ein minimal-invasives Shunt-Implantat, insbesondere ein sehr kleines solches Implantat, in der Kornea zuverlässig und stabil zu positionieren. Typischerweise können sie in einer Laserzeit unter 100s erzeugt werden und Strukturgrößen unter 1mm^3 , bevorzugt kleiner 0.25mm^3 umfassen.

Die erfindungsgemäße Planungseinrichtung ist bevorzugt so ausgebildet, dass das Scanmuster mindestens eine Schnittfläche beschreibt, die von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls, der sich entlang des Scanmusters bewegt, so ausgefüllt ist, dass eine vollständige oder unvollständige Trennung des Gewebes in dieser Schnittfläche erfolgt, und/oder das Scanmuster mindestens einen durch den gepulsten Laserstrahl mikrostrukturierten bzw. in seinen Eigenschaften veränderten Gewebereich beschreibt, der von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls, der sich entlang des Scanmusters bewegt, so ausgefüllt ist, dass das Gewebe dieses Gewebereichs in einem Fokuswirkbereich um den Fokusspot des gepulsten Lasers herum modifiziert ist.

Eine durch das Scanmuster bestimmte Schnittfläche kann im Raum mehrfach und in verschiedene Richtungen gewölbt sein. Die Schnittfläche kann eine offene Schnittfläche sein, oder aber in sich geschlossen sein, wie beispielsweise eine Mantelfläche eines Kanals durch die Kornea hindurch.

Eine vollständige Trennung des Gewebes in den entsprechenden Schnittflächen erfolgt dann, wenn sich die Fokuswirkbereiche der Fokusspots des gepulsten Laserstrahls derart überlagern, dass keine oder allenfalls nur wenige, mit Chirurgiewerkzeug oder den Shunt selbst leicht und ohne spürbaren Widerstand trennbare Gewebebrücken zwischen den Fokusspots stehen bleiben.

Ein mikrostrukturierter Gewebereich ist ein dreidimensionales Gebilde, in dem das Gewebe durch die Einwirkung des gepulsten Laserstrahls modifiziert, aber nicht voneinander getrennt wird. Üblicherweise entsteht beispielsweise durch Photodisruption ein lokales Plasma, wobei die dabei entstehenden Gasblasen langsam aus dem Gewebe entweichen. Auch in den Randbereichen des Fokuswirkbereichs wird das Gewebe modifiziert. Dies ändert die Durchlässigkeit des

entsprechenden mikrostrukturierten Gewebebereich gegenüber dem nichtbehandelten Gewebe. Um nun einen mikrostrukturierten Gewebebereich zu erzeugen, kann jeweils eine Gruppe von mehreren Fokusspots in diesem Gewebebereich so dicht nebeneinander gesetzt und von einer weiteren Gruppe von in diesem Gewebebereich dicht nebeneinander gesetzten Fokusspots wiederum so separiert werden, dass eine echte Mikrostruktur entsteht. Oder aber die Fokusspots werden in dem zu modifizierenden Gewebebereich so weit voneinander separiert, dass keine Schnittwirkung bzw. Gewebetrennwirkung entsteht, aber der Gewebebereich in seinen Eigenschaften, wie beispielsweise der Durchlässigkeit des Kammerwassers durch einen entsprechenden Gewebebereich der Kornea, verändert wird.

Dabei kann die Schnittfläche oder der mikrostrukturierte Gewebebereich nach Einstrahlung der gepulsten Laserstrahlung eine unterschiedliche Perforation in verschiedenen Bereichen der Schnittfläche und/oder des mikrostrukturierten Gewebebereichs aufweisen.

Der Eingriff und damit auch die geplanten Strukturen zeichnen sich also in einer Ausgestaltung dadurch aus, dass eine Kombination eines minimal-invasiven Shunt-Implantats und einer dreidimensionalen mikrostrukturierten Kornea-Perforation erfolgt, so dass das Shunt-Implantat nur in Teilbereichen der Drainagesystems funktional eingreift, z.B. um Filterwirkungen auszuüben, den Druckabfall sicherzustellen oder das Eindringen von Keimen in die Vorderkammer zu unterbinden.

Weiterhin ist es von Vorteil, wenn die Planungseinrichtung eingerichtet ist, Steuerdaten zu erzeugen, um die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea so auszubilden, dass das Shunt-Implantat derart aufnehmbar ist, dass eine spätere Änderung seiner Position in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera verhindert wird, insbesondere, dass nach dessen Aufnahme ein Rückgleiten verhindert wird.

Besondere Positionierungssicherheit wird erreicht, wenn in einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Planungseinrichtung die Steuerdaten derart erzeugt werden,

dass die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea als „Negativ“ des Shunt-Implantats ausgebildet ist. Hierzu wird insbesondere auf die oben beschriebene Passgenauigkeit, jedoch nicht Maßgenauigkeit verwiesen: Die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats kann dabei mit einer gezielten Maßdifferenz, also leicht kleiner als es den Maß-Daten des Modells des Shunt-Implantats entspricht, als entsprechend verkleinertes „Negativ“ erzeugt werden, damit nach der Implantation des Shunt-Implantats in das elastische Augengewebe eine Dichtungspressung, d.h. eine Vorspannung der Gewebeumgebung gegenüber dem Shunt-Implantat vorhanden ist.

Dies ermöglicht eine sehr passgenaue Einführung, und schafft einen guten und sicheren Halt des Shunt-Implantats in der Struktur.

Von besonderem Interesse ist eine Ausgestaltung der Planungseinrichtung, in der die Steuerdaten so erzeugt werden, dass die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea als eine brückenartige Struktur in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera ausgebildet ist, in der das Shunt-Implantat in einer speziellen Ausgestaltung als Implantat-Brückenstruktur vorzugsweise vollständig, d.h. ohne Überstand, aufgenommen werden kann.

Dies bedeutet, dass aus den zugeführten Daten in der Planungseinrichtung Steuerdaten für ein komplexe Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea, das eine Brückenstruktur oder auch Mehrfachbrückenstruktur aufweist, und in einer Variante auch für eine Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges, die die Funktion des Shunt-Implantats unterstützt, erzeugt werden, um für ein Implantat mit mehreren Drainagekanälen die über Brücken verbunden sind, eine stabile und funktionserhaltende Positionierung in der Kornea sicherzustellen.

Die entsprechenden Strukturen – jeglicher Art – im Gewebe des Patientenauges befinden sich dabei bevorzugt in der Kornea, jedoch außerhalb der optischen Zone der Kornea, insbesondere bevorzugt nahe am Limbus bzw. im Limbusbereich. Sie können ggf. auch in die Sklera hineinreichen oder aber dort angelegt sein, um negative Auswirkungen auf das Seevermögen zu vermeiden, wobei jedoch zu

beachten ist, dass eine entsprechende Laserbehandlung in den Randbereichen der Kornea aufgrund der technischen Möglichkeiten der derzeitigen ophthalmologischen Lasertherapiegeräte die sicherste und präziseste Methode der Erzeugung solcher Strukturen zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und/oder zur Aufnahme eines Shunt-Implantats ist. Abhängig vom Therapieziel können mehrere solcher Strukturen an mehreren Stellen des Gewebes des Patientenauges angelegt werden – die Planungseinrichtung kann also ausgebildet sein, die Steuerdaten für mehrere solcher Strukturen zu erzeugen. Die Behandlung an verschiedenen Stellen der Kornea, des Limbus und/oder der Sklera kann im Übrigen auch in zeitlichen Abständen wiederholt werden, um Parameter wie die Ausflussrate (des Kammerwassers) einzustellen und/oder entsprechend dem Krankheitsverlauf anzupassen.

In einer Ausgestaltung der Planungseinrichtung ist diese des Weiteren ausgebildet, für einen Folgeschritt weitere Steuerdaten zur Ansteuerung der Lasereinrichtung zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls in (bzw. auch auf) einem im Patientenauge aufgenommenen Shunt-Implantat für die drucksenkende Überbrückung der Kornea zum Modifizieren des Shunt-Implantats entlang eines Scanmusters von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls gemäß der Steuerdaten zu erzeugen.

Insbesondere vorteilhaft ist eine Planungseinrichtung, die eingerichtet ist, die weiteren Steuerdaten für den Folgeschritt so zu erzeugen, dass Überstände des im Gewebe des Patientenauges aufgenommenen Shunt-Implantats entfernt und/oder eine Glättung des Shunt-Implantats herbeigeführt wird.

Das Shunt-Implantat ist in dieser Ausgestaltung also ebenfalls mit der Lasereinrichtung bearbeitbar, nachdem es in die Kornea, den Limbus und/oder die Sklera des Patientenauges eingesetzt wurde, wofür die Planungseinrichtung ebenfalls entsprechende Steuerdaten erstellt. Dadurch können Anteile am eingebauten Shunt-Implantat bearbeitet werden, um beispielsweise Überstände abzutragen und so beispielsweise potentielle Ursachen für Reizung der Augen zu vermeiden. Auch kann damit eine Kornea-Glättung erreicht werden, die eine Lidreizung verringert.

Sehr wichtig ist zudem, dass mittels Laserbearbeitung durch die Lasereinrichtung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts die Option besteht, in mikroskopischen Dimensionen das einmal strukturierte Gewebe des Patientenauges bzw. das Shunt-Implantat so zu bearbeiten, dass ein Überwachsen durch die ständig nachwachsenden Epithel-Zellschichten unterbunden wird. Die Anpassung kann durch die vorhandene Präzision der vorgeschlagenen Laserbearbeitung auch individuell an den Patienten erfolgen. Sie erlaubt die zeitliche und wiederholte Anpassung des Shunt-Implantates und/oder der Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges in Abhängigkeit vom Krankheitsverlauf bzw. der Patientenentwicklung. Beispielsweise kann durch die Laserbearbeitung die Durchflussrate des Shunt-Implantats angepasst werden.

In einer anderen Ausgestaltung der Planungseinrichtung ist vorgesehen, dass die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea eine Drainage-Struktur aufweist, die über eine lichtinduzierte Vernetzung stabilisiert wird. Bei der Erzeugung der Steuerdaten für das ophthalmologische Lasertherapiegerät wird ein Prozess der lichtinduzierten Vernetzung also auch mit einbezogen.

Dies ist insbesondere eine Option, wenn auch ohne Shunt-Implantat, also nur mit einer im Gewebe des Patientenauges erzeugten Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea eine über einen langen Zeitraum, d.h. beispielsweise einen Zeitraum von größer einem Jahr, eine stabile Drainage-Struktur hergestellt werden soll, um damit einen stabilen Abfluss des Kammerwassers zu garantieren. Insbesondere kann durch eine entsprechende lichtinduzierte Vernetzung eine individuelle Anpassung an den Patienten oder auf das Krankheitsbild erfolgen. Dabei wird die Bearbeitung – in der Regel im Bereich des Stroma der Kornea – so ausgeführt, dass ein Eindringen von Bakterien oder Keimen unterbunden wird, was insbesondere durch eine dreidimensionale Mikrostrukturierung unter Nutzung der Lasereinrichtung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts ermöglicht wird.

Eine chemische Vernetzung der bearbeiteten Gewebestrukturen durch Bestrahlung z.B. mittels zusätzlicher Gabe von Riboflavin kann ebenfalls genutzt werden, um unerwünschte Vernarbungs- oder Wundheilungsreaktionen zu reduzieren.

In einer weiteren Ausgestaltung ist die erfindungsgemäße Planungseinrichtung eingerichtet, aus den zugeführten Daten des Weiteren mindestens einen Zugangsschnitt zu definieren, der von der Oberfläche der Kornea, des Limbus und/oder der Sklera bis zur Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und/oder zur Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkenden Überbrückung der Kornea reicht, und für diesen Zugangsschnitt **zusätzliche Steuerdaten** zur Ansteuerung der Lasereinrichtung zu erzeugen, mit denen das ophthalmologische Lasertherapiegerät so steuerbar ist, dass dieser Zugangsschnitt in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera des Patientenauges erzeugbar ist.

Zusätzlich zur Erzeugung der Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und insbesondere zur Aufnahme eines Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea werden also sehr präzise weitere Bearbeitungs- oder Fixierschnitte in die Kornea, den Limbus und/oder die Sklera eingebracht, die es erlauben, das Shunt-Implantat mit entsprechenden Fixierelementen in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera zu arretieren. Die Shunt-Implantate können dazu mehrteilig sein und reversible Verbindungs- bzw. Fixierelemente und Mechanismen aufweisen, die den Austausch von einzelnen Elementen ermöglichen. Die weiteren Bearbeitungs- oder Fixierschnitte werden zeitlich vor, nach oder gleichzeitig mit der eigentlichen Struktur erzeugt.

In einer Ausführungsform der Planungseinrichtung weist die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea eine Kavität auf, und es werden von der Planungseinrichtung Steuerdaten für das Scanmuster so erzeugt, dass mit ihnen ein Gewebevolumen in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera separierbar ist, das bevorzugt hernach über die Öffnung eines Zugangsschnitts entfernbar ist.

Es ist also auch möglich, dass bei der Erzeugung einer Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und/oder einer Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea ein Reservoir für die Aufnahme von Flüssigkeit (Kammerwasser) definiert wird, das als ein Element in der Drainagekette dient, und für welches im Zuge der Erzeugung der Steuerdaten für die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea zusätzliche Steuerdaten

erzeugt werden, mit denen dieses Reservoir anschließend durch der Lasereinrichtung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts realisiert werden kann. Zur Erzeugung einer Kavität im Gewebe des Patientenauges ist die Entfernbarkeit des separierten Gewebevolumens notwendig.

Die zu erzeugenden Strukturen zur drucksendenden Überbrückung der Kornea und/oder zur Aufnahme des Shunt-Implantats und/oder der Zugangsschnitt können anhand eines Registrierbilds eines Patientenauges bzw. eines Ausschnittes davon positioniert werden. Auch das Modifizieren des Shunt-Implantats kann mit Hilfe eines Registrierbilds des Patientenauges erfolgen.

Vorteilhaft ist eine Planungseinrichtung mit einer Schnittstelle, an die eine Messeinrichtung angeschlossen ist, welche die Daten der Charakterisierung des Patientenauges aus einer Vermessung des Patientenauges erzeugt und der Planungseinrichtung zuführt, wobei die Messeinrichtung bevorzugt eine oder mehrere der folgenden Vorrichtungen aufweist: Autorefraktor, Refraktometer, Keratometer, Aberrometer, Wellenfrontvermessungseinrichtung, optischer Kohärenztomograph (OCT), Scheimpflugkamera, Ultraschall-Bildgebungssystem, Mikroskop.

Je nach ophthalmologischen Lasertherapiegerät und Messeinrichtung ist auch eine aktive Korrektur der Steuerdaten durch die Planungseinrichtung möglich, wenn Messeinrichtung und Lasereinrichtung eine funktionale Einheit im ophthalmologischen Lasertherapiegerät darstellen und beide gleichzeitig oder in kurzen Abständen nacheinander auf das Patientenaugen zugreifen können, sofern die Planungseinrichtung über die Schnittstellen zur Lasereinrichtung und insbesondere zur Steuereinheit der Lasereinrichtung wie auch zur Messeinrichtung über entsprechende aktive Kommunikationswege in Verbindung steht.

Solche Kommunikationswege können drahtlose oder drahtgebundene Datenverbindungen sein. Beim Ausschluss einer aktiven Steuerung und Korrektur während des Lasertherapieschritts ist auch eine Übertragung der Steuerdaten von der Messeinrichtung an die Planungseinrichtung und/oder von der Planungseinrichtung an die Lasereinrichtung mittels eines Datenträgers möglich.

Die Planungseinrichtung kann insbesondere eine Anzeigeeinrichtung zur visuellen Darstellung der Steuerdaten und eine Eingabeeinrichtung zum nachträglichen Verändern der Steuerdaten umfassen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Planungseinrichtung ist diese ausgebildet, bei der Erzeugung der Steuerdaten eine Verformung der Kornea, des Limbus und/oder der Sklera des Patientenauges während einer Lasertherapie durch eine Vorrichtung zur Ruhigstellung des Patientenauges zu berücksichtigen, insbesondere eine Verformung der Kornea, des Limbus und/oder der Sklera durch die Fixierung des Patientenauges am ophthalmologischen Lasertherapiegerät mittels eines Patienteninterface, optional ein Kontaktglas oder ein Flüssigkeits-Patienteninterface, so dass die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und/oder die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea in der unverformten Kornea, Limbus und/oder Sklera vorliegt.

Ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät zur Behandlung eines Gewebes eines Patientenauges zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea umfasst eine Lasereinrichtung mit einer Laserquelle zur Erzeugung eines gepulsten Laserstrahls, einer Fokussiervorrichtung zum Fokussieren des gepulsten Laserstrahls in einem Fokus sowie einer Scannvorrichtung zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls, bevorzugt in allen drei Raumrichtungen x, y und z, in einem Gewebe eines Patientenauges, insbesondere in einer Kornea, einem Limbus und/oder einer Sklera, zum Modifizieren, Mikrostrukturieren oder Durchtrennen des Gewebes entlang eines Scanmusters von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls, das durch Steuerdaten bestimmt ist, und eine Steuereinheit zur Steuerung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts mittels der Steuerdaten.

Mögliche Ausgestaltungen der Lasereinrichtung sind bereits oben beschrieben, auch die Steuereinheit wurde oben bereits in möglichen Ausgestaltungen und Wechselwirkungen näher charakterisiert.

Als Fokussiereinrichtung dient im einfachsten Fall eine Fokuslinse, in der Regel ist die Fokussiereinrichtung jedoch als ein Linsensystem mit festen und/und beweglichen Linsen ausgestaltet.

Eine hier einsetzbare Scanvorrichtung kann sehr unterschiedlich ausgestaltet sein: In einer einfachen Ausgestaltung enthält die Scanvorrichtung einen Lateralscanner, beispielsweise einen kombinierten x-y-Scanner oder einen x-Scanner und einen y-Scanner, die unabhängig voneinander arbeiten können, oder einen R-Scanner, der um ein Achse drehbar ist, die parallel der optischen Achse verläuft, sowie einen z-Scanner zur Verschiebung des Fokus des gepulsten Laserstrahls entlang der z-Richtung (also in der Vertikalen), die parallel der optischen Achse verläuft. Aufwendigere Ausgestaltungen der Scanvorrichtung können jeweils einen schnellen und einen langsamen Scanner für jede Raumrichtung x, y und z enthalten. Die Anordnung dieser Scanner zueinander kann variieren und spielt für die Erfindung keine wesentliche Rolle. Das Scannen „in einem Gewebe“ umfasst auch das Scannen direkt auf der Oberfläche des Gewebes.

Erfindungsgemäß umfasst das ophthalmologische Lasertherapiegerät zudem eine oben beschriebene Planungseinrichtung zur Erzeugung der Steuerdaten.

Wie oben bereits beschrieben, werden in einem solchen Lasertherapiegerät bevorzugt Femtosekunden- oder Pikosekundenlaser genutzt, um ein Gewebe eines Patientenauges mittels Photodisruptions-Prozessen zu trennen, zu modifizieren oder zu mikrostrukturieren. Es kann jedoch auch ein gepulster Laserstrahl für Ablations- oder Koagulationsprozesse genutzt werden.

Die laterale Schnittgenauigkeit beträgt etwa $3\mu\text{m}$, die Positioniergenauigkeit einzelner Schnitte innerhalb einer Struktur relativ zueinander ist in der Regel besser als $20\mu\text{m}$, bevorzugt ist sie besser als 5 Mikrometer.

Eine bevorzugte Ausgestaltung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts umfasst des Weiteren eine Messeinrichtung zur Erzeugung von Daten der Charakterisierung des Patientenauges, insbesondere eine Messeinrichtung aus der folgenden Gruppe: Autorefraktor, Refraktometer, Keratometer, Aberrometer,

Wellenfrontvermessungseinrichtung, optischer Kohärenztomograph (OCT), Scheimpflugkamera, Ultraschall-Bildgebungssystem, Mikroskop.

Das ophthalmologische Lasertherapiegerät kann selbstverständlich auch mehrere Messeinrichtungen enthalten, die nacheinander oder gleichzeitig zur Charakterisierung des Patientenauges eingesetzt werden.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts weist des Weiteren eine Vorrichtung zur automatisierten Entfernung eines Gewebes aus der Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea bzw. der Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats und/oder zur automatisierten Einführung eines Shunt-Implantats in die dafür vorgesehene Struktur zu dessen Aufnahme auf.

Gesteuert wird diese Vorrichtung zur automatisierten Entfernung eines Gewebes und/oder automatisierten Einführung eines Shunt-Implantats ebenfalls durch die Steuereinheit des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts. Die Vorrichtung manipuliert das Gewebe (also in der Regel einen vom Rest der Kornea oder der Sklera bzw. dem Limbus abgetrennte Gewebeteil, der aus der Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats entfernt werden muss, damit hierin das Shunt-Implantat Platz findet) und/oder das Shunt-Implantat durch eine Krafteinwirkung. Eine solche Krafteinwirkung kann mittels Unterdruck erfolgen. Die Anwendung eines Unterdrucks macht die Vorrichtung nutzbar sowohl zur Entfernung des Gewebes als auch zur Einführung des Shunt-Implantats, vorzugsweise durch Nutzung verschiedener Aufsätze, um sowohl das Gewebe als auch das Shunt-Implantat sicher manipulieren zu können. Alternativ ist aber auch eine Manipulation durch Elektroadhäsion möglich, insbesondere bei einer Entfernung von Gewebe.

Eine solche Entfernung von Gewebe und/oder Einführung eines Shunt-Implantats durch diese Vorrichtung wird bevorzugt unter Nutzung der Messeinrichtung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts überwacht und damit eine korrekte Manipulation des Gewebes bzw. des Shunt-Implantats durch die Vorrichtung gewährleistet. Idealerweise erfolgt dabei eine lückenlose Navigation der Vorrichtung zur automatisierten Entfernung eines Gewebes und/oder automatisierten Einführung eines Shunt-Implantats unter Nutzung der Messeinrichtung.

In einem Planungsverfahren für die Erzeugung von Steuerdaten für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät, das eine Lasereinrichtung mit einer Laserquelle zur Erzeugung eines gepulsten Laserstrahls, einer Fokussiervorrichtung zum Fokussieren des gepulsten Laserstrahls in einem Fokus sowie einer Scanvorrichtung zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls in einem Gewebe eines Patientenauges, insbesondere in einer Kornea, einem Limbus und/oder einer Sklera, zum Modifizieren, Mikrostrukturieren oder Durchtrennen des Gewebes entlang eines Scanmusters von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls gemäß der Steuerdaten, und eine Steuereinheit zur Steuerung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts mittels der Steuerdaten aufweist, werden Daten der Charakterisierung des Patientenauges, insbesondere von Kornea, Limbus und/oder Sklera des Patientenauges, und Daten eines Modells eines Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea und/oder Daten von einer in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera zu erzeugenden Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea bereitgestellt.

Es können jedoch auch weitere Charakterisierungsdaten, insbesondere struktureller Art, zugeführt werden, wie beispielsweise Sonderziele des Chirurgen, die für das Planungsverfahren von Relevanz sind, wie beispielsweise Geweberegionen, die für die Bearbeitung mit dem gepulsten Laserstrahl chirurgen- oder patientenspezifisch ausgeschlossen werden sollen, oder aber Charakterisierungsdaten eines vermessenen Shunt-Implantats.

Die Bereitstellung der Daten der Charakterisierung des Patientenauges kann mittels charakterisierender Messungen im Patientenaug durch eine Messeinrichtung erfolgen bzw. es kann auf derartige patientenspezifische Daten zugegriffen werden.

Die Daten des Modells des Shunt-Implantats können aus einer verschiedenste Shunt-Implantat-Modelle enthaltenden Datenbank bereitgestellt werden, die neben geometrischen und materiellen Daten des Shunt-Implantats zudem Weisungen enthalten kann, wie für jedes dieser Shunt-Implantat-Modelle bevorzugt gehandelt werden sollte. Ebenso gilt dies für die Daten einer in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera zur erzeugenden Struktur zur drucksenkenden Überbrückung

der Kornea: Auch für eine solche Struktur kann die Datenbank prinzipielle Modelle bzw. Vorschläge enthalten, die im Planungsverfahren dann nur noch an das individuelle Patientenaug angepasst werden müssen.

Die Daten des Modells des Shunt-Implantats können alternativ aber auch durch Vermessung des Shunt-Implantats erzeugt werden.

Schlussendlich ist in einer einfachen Ausführung auch eine Eingabe von signifikanten Daten des Modells des Shunt-Implantats und/oder von signifikanten Daten einer in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera zur erzeugenden Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea händisch über eine Eingabemaske möglich.

Aus den bereitgestellten Daten werden dann im erfindungsgemäßen Planungsverfahren Steuerdaten für das Scanmuster des Fokus in einem Gewebe des Patientenauges, insbesondere in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera ermittelt, mit denen das ophthalmologische Lasertherapiegerät so steuerbar ist, dass die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und/oder die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges erzeugbar ist.

Die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges und/oder die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea wird dabei in diesem Planungsverfahren mit Hilfe der bereitgestellten Daten so geplant, dass später, nach Realisierung der entsprechenden Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und/oder der Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges mittels eines ophthalmologischen Lasertherapiegeräts, das mit diesen Steuerdaten versorgt wird, die (möglichst passgenaue) Aufnahme des Shunt-Implantats in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera, also ein Hineingleiten dieses Shunt-Implantats in die Struktur zu seiner Aufnahme ermöglicht wird, bzw. eine Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea eine entsprechend gewünschte Drainage-Wirkung erzielt und das Kammerwasser geregelt abfließen und somit ein Druck zwischen dem

Augeninneren und der Umgebung des Auges im beabsichtigten Maße ausgeglichen werden kann.

Die in dem Planungsverfahren erzeugten Steuerdaten werden schließlich an eine Steuereinheit des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts abgeführt.

Durch die Steuerdaten, die an die Steuereinheit des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts abgeführt werden, ist die Steuerung der Lage des Fokus des gepulsten Laserstrahls im Raum (x, y, z) in Anhängigkeit der Zeit möglich, um die entsprechende Strukturen zur Aufnahme des Shunt-Implantats und/oder zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea in Patientenaug zu erzeugen. Die Steuerdaten umfassen jedoch auch entsprechende Laserdaten wie beispielsweise die Leistung des Lasers zum jeweiligen Zeitpunkt. Durch die Steuerdaten wird also ein entsprechendes Scanmuster von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls im Gewebe des Patientenauges beschrieben. Ein durch das Planungsverfahren erzeugter Steuerdatensatz von Steuerdaten enthält damit ein zwei- oder dreidimensionales Muster als Scanmuster von Fokusspots zur Ansteuerung der Lasereinrichtung.

Diese Fokusspots – und damit wie oben schon erläutert die Zielpunkte - werden dabei im Scanmuster so angeordnet, dass bei der späteren Einstrahlung des gepulsten Laserstrahls in das Gewebe des Patientenauges gemäß der Steuerdaten die durch das Scanmuster beschriebene Strukturen zur Aufnahme des Shunt-Implantats und/oder zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea in Patientenaug in der Regel als Schnittfläche, als modifizierte oder mikrostrukturierte Fläche und/oder als modifiziertes oder mikrostrukturiertes Gewebavolumen oder Schnittvolumen ausgebildet werden.

Jeder Fokusspot weist einen Fokuswirkbereich auf, in dem bei Einstrahlung des gepulsten Laserstrahls Gewebe modifiziert, mikrostrukturiert oder voneinander getrennt wird, wobei sich die Fokuswirkbereiche benachbarter Fokusspots teilweise oder vollständig überschneiden können. Im Fokuswirkbereich um einen Fokusspot wird dabei das Gewebe durch den gepulsten Laser modifiziert. Im Zentrum des

Fokusspots kann je nach Art des gepulsten Lasers ein Plasma entstehen, das zur Modifikation des Gewebes im Fokuswirkbereich beiträgt.

Dabei kann es Bereiche in einer Schnittfläche geben, in denen sich die Fokuswirkbereiche benachbarte Fokusspots nicht vollständig sondern nur teilweise überlagern, so dass Gewebebrücken in der Schnittfläche übrigbleiben, die mit einer späteren leichten Krafteinwirkung (z.B. durch einen leichten Druck auf ein Shunt-Implantat bei seiner Einführung) überwunden werden können. Damit wird die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera hindurch erst dann geöffnet, wenn das Shunt-Implantat eingeführt wird, so dass bis dahin eine (zusätzliche) Sterilbarriere bestehen bleibt. Neben der Lage benachbarter Fokusspots zueinander bestimmt beispielsweise der Energieeintrag, ob sich die Fokuswirkbereiche benachbarter Fokusspots vollständig oder nicht vollständig überlagern, so dass eine vollständige oder unvollständige Trennung des Gewebes in der Schnittfläche erfolgt bzw. ein Gewebe in einem Volumenbereich entsprechend modifiziert oder mikrostrukturiert wird.

In einem bevorzugten Planungsverfahren werden im Scanmuster der Abstand der Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls sowie ihre Lage zueinander berücksichtigt.

Neben dem Energieeintrag bestimmt die Beabstandung und die Lage der Fokusspots zueinander, ob eine vollständige oder unvollständige Trennung des Gewebes in dieser Schnittfläche erfolgt, und/oder das Scanmuster mindestens einen durch den gepulsten Laserstrahl mikrostrukturierten Gewebereich beschreibt, der von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls, der sich entlang des Scanmusters bewegt, so ausgefüllt ist, dass das Gewebe in einem Fokuswirkbereich um den Fokusspot des gepulsten Lasers herum modifiziert ist. Eine solche Modifikation oder Mikrostrukturierung ändert die Durchlässigkeit des entsprechenden mikrostrukturierten Gewebereichs gegenüber dem nichtbehandelten Gewebe für Flüssigkeiten und Gase und somit auch für das abzuleitende Kammerwasser.

Dabei kann die Schnittfläche oder der mikrostrukturierte Gewebereich nach Einstrahlung der gepulsten Laserstrahlung eine unterschiedliche Perforation in

verschiedenen Bereichen der Schnittfläche und/oder des mikrostrukturierten Gewebebereichs aufweisen: Es kann also Bereiche vollständiger Trennung neben Bereichen unvollständiger Trennung oder reiner Gewebemodifikation ohne Trennung geben.

In einem weiteren bevorzugten Planungsverfahren wird die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea so ausgebildet, dass nach der Aufnahme des Shunt-Implantats eine Änderung seiner Position in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera verhindert wird, und insbesondere, dass nach dessen Aufnahme ein Rückgleiten verhindert wird.

Besonders vorteilhaft ist ein Planungsverfahren in dem die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea als „Negativ“ (bzw. ggf. verkleinertes „Negativ“) des Shunt-Implantats ausgebildet wird, insbesondere, in dem die Struktur als eine brückenartige Struktur in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera ausgebildet wird, in der das Shunt-Implantat in einer speziellen Ausgestaltung als Implantat-Brückenstruktur vorzugsweise vollständig, d.h., ohne Überstand, aufgenommen werden kann. Dies ermöglicht eine passgenaue Einführung und schafft einen guten und sicheren Halt des Implantats in der Aufnahme-Struktur.

In einer besonderen Ausgestaltung des Planungsverfahrens werden für einen Folgeschritt weitere Steuerdaten zur Ansteuerung der Lasereinrichtung zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls in einem im Patientenaugen aufgenommenen Shunt-Implantat für die drucksenkende Überbrückung der Kornea zum Modifizieren des Shunt-Implantats entlang des Scanmusters von Fokusspots des Fokus des gepulsten Laserstrahls gemäß der Steuerdaten erzeugt, insbesondere weitere Steuerdaten für ein Scanmuster, durch das Überstände des eingebrachten Shunt-Implantats entfernt und/oder eine Glättung des Shunt-Implantats herbeigeführt wird. Das Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls in einem Shunt-Implantat umfasst dabei auch das Scannen auf einer Oberfläche des Shunt-Implantats.

In einer anderen Ausgestaltung des Planungsverfahrens werden Steuerdaten für eine Struktur erzeugt, die eine Drainage-Struktur als Struktur zur drucksenkenden

Überbrückung der Kornea aufweist, die über eine lichtinduzierte Vernetzung stabilisiert wird.

In einer Variante des Planungsverfahrens wird aus den zugeführten Daten des Weiteren mindestens einen Zugangsschnitt definiert, der von der Oberfläche der Kornea, des Limbus und/oder der Sklera bis zur Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und/oder zur Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkenden Überbrückung der Kornea reicht, und für diesen Zugangsschnitt werden zusätzliche Steuerdaten zur Ansteuerung der Lasereinrichtung erzeugt, mit denen das ophthalmologische Lasertherapiegerät so steuerbar ist, dass dieser Zugangsschnitt in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera des Patientenauges erzeugbar ist.

In einer weiteren Ausgestaltung des Planungsverfahrens weist die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea eine Kavität auf, und es werden Steuerdaten für das Scanmuster derart erzeugt, dass beim Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls gemäß der Steuerdaten ein Gewebevolumen in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera separiert wird. Dieses Gewebevolumen kann hernach bevorzugt über die Öffnung eines Zugangsschnitts entfernt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Planungsverfahrens werden die Daten der Charakterisierung des Patientenauges aus einer Vermessung des Patientenauges erzeugt und der Planungseinrichtung zugeführt, wobei die Daten der Charakterisierung des Patientenauges bevorzugt mittels einer oder mehrerer der folgenden Messungen ermittelt werden: autorefraktive Messung, refraktometrische Messung, keratometrische Messung, Aberrometermessung, Wellenfrontvermessung, optische Kohärenztomographie (OCT) Scheimpflugmethode, Ultraschall-Bildgebung, mikroskopische Messung.

Auch wird in einer Variante des Planungsverfahrens bei der Erzeugung der Steuerdaten eine Verformung der Kornea des Patientenauges während einer Lasertherapie durch eine Vorrichtung zur Ruhigstellung des Patientenauges berücksichtigt, insbesondere eine Verformung durch die Fixierung des Patientenauges am ophthalmologischen Lasertherapiegerät mittels eines

Patienteninterfaces, so dass die Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und/oder die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea hernach in der unverformten Kornea, Limbus und/oder Sklera vorliegt.

Ein erfindungsgemäßes Shunt-Implantat zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea ist gekennzeichnet durch einen Querschnitt durch das Shunt-Implantat bzw. durch ein druckausgleichswirksames Element des Shunt-Implantats in einer Schnittebene, die senkrecht zu einer Oberfläche der Kornea verläuft, der eine konkave Querschnittsfläche aufweist. Ein Beispiel hierfür ist eine Implantat-Brückenstruktur, die der besseren Fixierbarkeit im Gewebe des Patientenauges dient und in der Regel mehrerer Möglichkeiten zur Entfaltung der drucksenkenden Wirkung bietet.

An dieser Stelle soll im Übrigen darauf hingewiesen werden, dass hier ein Shunt-Implantat (das eine Abfluss- bzw. Drainagewirkung entfaltet) in der Regel die Eigenschaften eines Stent-Implantats (Offenhalten des Durchlasses) beinhaltet. Ein Fachmann würde üblicherweise als Stent-Implantate eher kleinere Implantate mit dem Fokus auf dem Offenhalten des Durchlasses, und als Shunt-Implantate etwas größere und vor allem komplexe Implantate mit Drainage-Wirkung bezeichnen.

Ein erfindungsgemäßes Shunt-Implantat zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, ist weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass es ein Kanalelement als druckausgleichswirksames Element und ein Fixierelement aufweist, wobei das Fixierelement unabhängig vom Kanalelement in das Gewebe eingeführt wird und das Kanalelement mit dem Fixierelement im Gewebe fixierbar ist.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Shunt-Implantats umfasst das Kanalelement eine Aufnahmestruktur für das Fixierelement. Dabei ist das Kanalelement auf das Fixierelement aufsteckbar oder das Fixierelement in die Aufnahmestruktur des Kanalelements einführbar.

In einer weiter bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Shunt-Implantats enthält das Fixierelement eine Werkzeugadapter-Struktur, mit der das Fixierelement

auf einfache Art und Weise mit einem Werkzeug, das in die Werkzeugadapter-Struktur hineingreift, positioniert werden kann.

Ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt umfasst einen Programm-Code, der bei seiner Ausführung auf einem Computer das oben beschriebene Planungsverfahren für die Erzeugung von Steuerdaten für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät ausführt und/oder auf einer oben beschriebenen Planungseinrichtung zur Erzeugung von Steuerdaten, insbesondere von einem Prozessor einer solchen Planungseinrichtung und vorzugsweise einer solchen Planungseinrichtung zum konsekutiven Steuern eines ophthalmologischen Lasertherapiegeräts mit den erzeugten Steuerdaten, lesbar ist, und der, wenn er von der Planungseinrichtung ausgeführt wird, Steuerdaten erzeugt, um das ophthalmologische Lasertherapiegerät zur Behandlung eines Gewebes eines Patientenauges zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea zu betreiben.

Auf einem erfindungsgemäßen computerlesbaren Medium, ist das oben beschriebene Computerprogrammprodukt gespeichert.

In einem erfindungsgemäßen Verfahren zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, werden mit dem oben beschriebenen Planungsverfahren Steuerdaten für ein Scanmuster des Fokus in einem Gewebe des Patientenauges, insbesondere in der Kornea, dem Limbus und/oder der Sklera, für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät erzeugt und an dieses abgeführt, und das ophthalmologische Lasertherapiegerät wird mit Hilfe dieser Steuerdaten betrieben, um in einem Patientenauge eine Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea im Gewebe des Patientenauges und/oder eine Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea zu erzeugen.

Vorteilhaft ist ein solches Verfahren zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, in dem nach einer Erzeugung einer Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats im Gewebe des Patientenauges das Shunt-Implantat mittels eines Bioadhäsives, also eines biokompatiblen Klebemittels, vorübergehend oder permanent in einer Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats fixiert wird.

Insbesondere vorteilhaft ist ein solches Verfahren zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, in dem nach einer Erzeugung einer Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats im Gewebe des Patientenauges das Shunt-Implantat mittels eines Bioadhäsives, nicht nur vorübergehend oder permanent in einer Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats fixiert wird, sondern dabei auch das Shunt-Implantat in der Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats abdichtet. Damit können Nebenabflüsse – also ein Austreten von Flüssigkeit über die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats aus dem Auge heraus – verhindert werden.

Hierfür wird das Bioadhäsive so auf eine Umfangsfläche der Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats und/oder auf eine Umfangsfläche des Shunt-Implantats aufgetragen, wobei dies nicht über die gesamte Tiefe der Struktur erfolgen muss. Zum vorübergehenden oder permanenten Fixieren allein reicht hingegen eine nur punktuelle Auftragung des Bioadhäsives.

Beansprucht wird ebenfalls ein Bioadhäsive, also ein biologisches Klebemittel, zur Verwendung als vorübergehende oder permanente Fixierung eines Shunt-Implantats in einer Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats in einem Gewebe eines Patientenauges. Dabei handelt es sich bei dem Shunt-Implantat vorteilhaft um ein Implantat der weiter oben beschriebenen Art.

Ein solches Bioadhäsive zur Verwendung als Fixierung kann zudem in vorteilhafter Art und Weise als Abdichtung dienen, wodurch Nebenabflüsse – also ein Austreten von Flüssigkeit über die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats aus dem Auge heraus – verhindert werden und eine Rückwanderung von Keimen zwischen dem Shunt-Implantat und dem Gewebe des Patientenauges noch wirkungsvoller unterbunden werden.

Während ein Bioadhäsive zur Verwendung als vorübergehende oder permanente Fixierung des Shunt-Implantats im Gewebe des Patientenauges in einer Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats auch nur lokal (also nicht in der gesamten Struktur, sondern nur punktuell) aufgetragen werden kann, ist es bei einer Verwendung als Abdichtung erforderlich, dass zumindest auf eine Umfangsfläche der Struktur zur Aufnahme eines Shunt-Implantats und/oder auf eine Umfangsfläche des

Shunt-Implantats das Bioadhäsive aufgetragen wird. Es kann aber muss dabei allerdings nicht über eine gesamte Tiefe der Struktur erfolgen.

Damit steht eine Methode zum stabilen Einbringen eines drucksenkenden Stents bzw. Shunt-Implantats in die Kornea, den Limbus und/oder die Sklera zur Verfügung, das damit – zumeist formschlüssig – sehr präzise in Position gebracht werden kann. Dabei kann das Implantat in seiner räumlichen Geometrie individuell gestaltet sein, und in seiner Oberfläche alle räumlichen Freiheitsgrade (z.B. Einbuchtungen, entfaltbare Strukturen) aufweisen.

Ein solches Shunt-Implantat bildet ein sogenanntes miniaturisiertes Implantat in den Dimensionen der Kornea, also weist eine axiale Ausdehnung von etwa 500µm und eine laterale Ausdehnung von weniger als etwa 1000µm auf. In einer bevorzugten Ausgestaltung weist es eine laterale Ausdehnung von etwa 500µm, weiterhin bevorzugt von ca. 250µm und idealerweise von kleiner 100µm, gelegentlich sogar von kleiner 50µm auf.

Es stellt die Erfüllung von hohe Anforderungen bzgl. Dichtigkeit, Positions- und Funktionsstabilität, und die Kompatibilität mit den natürlichen Funktionen des Auges (Sicht, Lidschluss) sicher.

Bei Ausführen von Schnitten für eine Katarakt-Operation oder refraktiven Korrekturen können die Schnitte für das Shunt-Implantat mit ausgeführt werden.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in den angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung einsetzbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Die vorliegende Erfindung soll nun anhand von Ausführungsbeispielen und anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

- die Fig. 1 ein Schema einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1.

- die Fig. 2 ein Schema einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1.
- die Fig. 3 den prinzipiellen Aufbau der Kornea.
- die Fig. 4a und 4b eine erste Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea, sowie eine erste Ausführungsform eines Shunt-Implantats.
- die Fig. 5a und 5b eine zweite Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea, sowie eine zweite Ausführungsform eines Shunt-Implantats.
- die Fig. 6 eine mögliche Lage eines Shunt-Implantats in einem Patientenauge
- die Fig. 7a und 7b eine dritte Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea, sowie eine dritte Ausführungsform eines Shunt-Implantats.
- die Fig. 8 eine vierte Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea.
- die Fig. 9a bis 9c verschiedene Ausführungen von Scanmustern von Fokusspots des Fokus eines gepulsten Laserstrahls.
- die Fig. 10 eine fünfte Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und eine Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea, sowie eine vierte Ausführungsform eines Shunt-Implantats.
- die Fig. 11a und 11b eine sechste Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der

Kornea und eine Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea, sowie eine fünfte Ausführungsform eines Shunt-Implantats.

- die Fig. 12a bis 12d eine siebte Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea, sowie eine sechste Ausführungsform eines Shunt-Implantats.

- die Fig. 13a und 13b eine siebte und eine achte Ausführungsform eines Shunt-Implantats.

Die Fig. 1 zeigt schematisch das ophthalmologische Lasertherapiegerät 1 in einer ersten Ausführungsform. Es weist in dieser Variante mindestens zwei Einrichtungen oder Module auf. Eine Lasereinrichtung L gibt den gepulsten Laserstrahl 2 auf das Patientenauge 3 ab. Der Betrieb der Lasereinrichtung L erfolgt dabei vollautomatisch, d.h. die Lasereinrichtung L startet auf ein entsprechendes Startsignal hin die Ablenkung des Laserstrahls 2 und erzeugt dabei Schnittflächen 24, modifizierte oder mikrostrukturierte Flächen oder modifizierte oder mikrostrukturierte Gewebevolumen 32 in der Kornea 16 und/oder der Sklera 21, die auf noch zu beschreibende Art und Weise aufgebaut sind. Die den Betrieb erforderlichen Steuerdaten empfängt die Lasereinrichtung L zuvor von einer Planungseinrichtung P als Steuerdatensatz über nicht näher bezeichnete Kommunikationswege, wie beispielsweise Steuerleitungen. Natürlich kann die Kommunikation auch drahtlos erfolgen. Alternativ zu einer direkten Kommunikation ist es auch möglich, die Planungseinrichtung P räumlich getrennt von der Lasereinheit L anzuordnen und einen entsprechenden Datenübertragungskanal vorzusehen. Die Übertragung findet vorzugsweise vor dem Betrieb der Lasereinrichtung L statt.

Vorzugsweise wird der Steuerdatensatz zur Lasereinrichtung L des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1 über eine Schnittstelle S2 der Planungseinrichtung P übertragen und weiter vorzugsweise ist ein Betrieb der Lasereinrichtung L gesperrt, bis an der Lasereinrichtung L ein gültiger Steuerdatensatz vorliegt. Ein gültiger Steuerdatensatz kann ein Steuerdatensatz sein, der prinzipiell zur Verwendung mit der Lasereinrichtung L des

ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1 geeignet ist. Zusätzlich kann die Gültigkeit aber auch daran geknüpft werden, dass weitere Prüfungen bestanden werden, beispielsweise ob im Steuerdatensatz zusätzlich niedergelegte Angaben über das ophthalmologische Lasertherapiegerät 1, z. B. eine Geräteseriennummer, oder über den Patienten, z.B. eine Patientenidentifikationsnummer, mit anderen Angaben übereinstimmen, die beispielsweise am ophthalmologischen Lasertherapiegerät 1 ausgelesen oder separat eingegeben wurden, sobald der Patient in der korrekten Stellung für den Betrieb der Lasereinrichtung L ist.

Die Planungseinrichtung P erzeugt die Steuerdaten bzw. den Steuerdatensatz, der der Lasereinrichtung L zur Ausführung der Operation zur Verfügung gestellt wird, aus den zugeführten Messdaten, also den Daten der Charakterisierung, die für das zu behandelnde Patientenaug 3 ermittelt wurden, sowie aus Daten eines Modells eines Shunt-Implantats 30, 31, 34 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16 und/oder aus Daten einer in der Kornea 16, dem Limbus 14 und/oder der Sklera 21 zu erzeugenden Struktur 32, 33, 35 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea. Sie werden der Planungseinheit P über Schnittstellen S1 zugeführt.

Die Messdaten stammen im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einer eigenständigen Messeinrichtung M, die das Patientenaug 3 zuvor vermessen hat. Natürlich kann die Messeinrichtung M auf beliebige Art und Weise die entsprechenden Messdaten an die Planungseinrichtung P übermitteln. Eine direkte Funk- oder Draht-Verbindung der Messeinrichtung M mit dem ophthalmologischen Lasertherapiegerät 1 hinsichtlich der Datenübertragung, die in einer Variante verwendet werden kann, hat den Vorteil, dass die Verwendung falscher Messdaten mit größtmöglicher Sicherheit ausgeschlossen ist.

Die Daten des Modells eines Shunt-Implantats 30, 31, 34 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16 und/oder einer in der Kornea 16, dem Limbus 14 und/oder der Sklera 21 zu erzeugenden Struktur 32, 33, 35 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea werden in diesem Fall aus einer Datenbank D zugeführt, die neben der Planungseinrichtung P angeordnet und Teil des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1 ist.

Die von der Planungseinrichtung P erzeugten Steuerdaten bestimmen das Scanmuster 25 des Fokus 7 der Lasereinrichtung L im Gewebe des Patientenauges 3, insbesondere in der Kornea 16, im Limbus und/oder der Sklera 21, mit denen das ophthalmologische Lasertherapiegerät 1 so steuerbar ist, dass die Struktur 32, 33 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16 im Gewebe des Patientenauges 3 erzeugbar ist, und/oder die Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30,31,34 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16 erzeugbar ist, und – wenn die Steuerdaten auf dem ophthalmologischen Lasertherapiegerät 1 genutzt werden – auch erzeugt wird.

Die Übertragung der zugeführten Daten kann der mittels Speicherchips (z.B. per USB oder memory stick), Magnetspeichern (z.B. Disketten), drahtlos per Funk (z.B. WLAN, UMTS, Bluetooth) oder drahtgebunden (z.B. USB, Firewire, RS232, CAN-Bus, Ethernet etc.) erfolgen. Gleiches gilt natürlich hinsichtlich der Datenübertragung zwischen Planungseinrichtung P und Lasereinrichtung L.

Die Fig. 2 zeigt ein Schema einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1, in dem eine Lasereinrichtung L und eine Messeinrichtung M integriert sind. Dies ermöglicht einen wiederholten Zugriff auf Daten der Charakterisierung des Patientenauges 3. Eine Planungseinrichtung P, die die bereits oben beschriebene Funktionen erfüllt, ist temporär integriert in das ophthalmologische Lasertherapiegerät 1 und steht in direkter Kommunikation mit der Messeinrichtung M und der Steuereinheit 12 der Lasereinrichtung L. Optional umfasst diese Ausführungsform eines erfindungsgemäßen ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1 eine Vorrichtung E zur automatisierten Entfernung eines Gewebes aus der Struktur 32, 33 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea bzw. der Struktur 35 zur Aufnahme eines Shunt-Implantats 30, 31, 34, 37 und/oder zur automatisierten Einführung eines Shunt-Implantats 30, 31, 34, 37, die ebenfalls durch die Steuereinheit 12 gesteuert wird. Diese Vorrichtung manipuliert das zu entnehmende Gewebe und/oder das Shunt-Implantat 30, 31, 34, 37 durch eine Krafteinwirkung mittels Unterdruck. Um eine korrekte Manipulation des Gewebes bzw. des Shunt-Implantats 30, 31, 34, 37, die Vorrichtung E zu überwachen, erfolgt eine Navigation unter Nutzung der Messeinrichtung M.

In diesem Beispiel der Fig. 2 sind die Elemente des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1 und insbesondere der von diesem ophthalmologischen Lasertherapiegerät 1 umfassten Lasereinrichtung L zwar präzisiert, aber auch hier nur insoweit eingetragen, als sie zum Verständnis der Fokusverstellung erforderlich sind. Der gepulste Laserstrahl 2 wird in einem Fokus 7 in der Kornea 16 (bzw. im Limbus und/oder in der Sklera 21) gebündelt, und die Lage des Fokus 7 in der Kornea 16 (bzw. im Limbus und/oder in der Sklera 21) wird verstellt, so dass zur Schnittflächenerzeugung, zur Mikrostrukturierung oder zur Modifikation des Gewebes und damit zur Erzeugung der Struktur 32, 33 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16 im Gewebe des Patientenauges 3 und/oder der Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30, 31, 34 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16, an verschiedenen Stellen bzw. Positionen, den Fokusspots 6 des Fokus 7 entlang eines Scanmusters 25 dieses Fokus 7, Energie aus Pulsen der Laserstrahlung in das Gewebe der Kornea 16 des Patientenauges 3 eintragen wird. Der Laserstrahl 2 wird von einem Laser 8 als gepulste Strahlung bereitgestellt. Dabei wird die Kornea 16 (bzw. der Limbus und/oder die Sklera 21) des Patientenauges 3 mittels eines Patienteninterfaces 13 zum ophthalmologischen Lasertherapiegerät 1 fixiert.

Ein x-y-Scanner 9, der in einer Variante durch zwei im Wesentlichen orthogonal ablenkende Galvanometerspiegel realisiert ist, lenkt den von der Laserquelle 8 kommenden gepulsten Laserstrahl 2 zweidimensional ab. Der x-y-Scanner 9 bewirkt somit eine Verstellung der Lage des Fokus 7 im Wesentlichen senkrecht zur Haupteinfallrichtung des gepulsten Laserstrahls 2 in die Kornea 16. Zur Verstellung der Tiefenlage ist neben dem x-y-Scanner 9 ein z-Scanner 11 vorgesehen, der beispielsweise als verstellbares Teleskop ausgebildet ist. Der z-Scanner 11 sorgt dafür, dass die z-Position der Lage des Fokus 7, d.h. dessen Position entlang der optischen Achse des Einfalls verändert wird. Der z-Scanner 11 kann dem x-y-Scanner 9 nach- oder vorgeordnet sein. Die nachfolgend mit x, y, z bezeichneten Koordinaten beziehen sich also auf die Ablenkung der Lage des Fokus 7.

Für das Funktionsprinzip des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1 ist die Zuordnung der einzelnen Koordinaten zu den Raumrichtungen nicht wesentlich, der einfacheren Beschreibung halber ist jedoch nachfolgend mit z immer die Koordinate

entlang der optischen Achse des Einfalls des gepulsten Laserstrahls 2 bezeichnet, und x sowie y bezeichnen zwei zueinander orthogonale Koordinaten in einer Ebene senkrecht zur Einfallsrichtung des Laserstrahls 2. Dem Fachmann ist natürlich bekannt, dass eine dreidimensionale Beschreibung der Lage des Fokus 7 in der Kornea 16 auch durch andere Koordinatensysteme erfolgen kann, insbesondere muss es sich nicht um ein rechtwinkliges Koordinatensystem handeln. Dass der x-y-Scanner 9 um zueinander rechtwinklige Achsen ablenkt ist also nicht zwingend, vielmehr kann jeder Scanner verwendet werden, der in der Lage ist, den Fokus 7 in einer Ebene zu verstellen, in der die Einfallsachse des Laserstrahls 2 nicht liegt. Somit sind auch schiefwinklige Koordinatensysteme oder aber nicht-kartesische Koordinatensysteme möglich.

Zur Steuerung der Lage des Fokus 7 werden der x-y-Scanner 9 sowie der z-Scanner 11, die gemeinsam ein konkretes Beispiel einer dreidimensionalen Scanvorrichtung 9, 11 realisieren, von einem Steuergerät 12 über nicht näher bezeichnete Leitungen angesteuert. Gleiches gilt für die Laserquelle 8. Das Steuergerät 12 sorgt für einen geeignet synchronen Betrieb der Laserquelle 8 sowie der dreidimensionalen Scanvorrichtung 9, 11, exemplarisch realisiert durch den x-y-Scanner 9 sowie den z-Scanner 11, so dass die Lage des Fokus 7 in der Kornea 16 (bzw. im Limbus und/oder in der Sklera 21) so verstellt wird, dass letztendlich die Struktur 32, 33 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16 und/oder die Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30, 31, 34 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16 im Gewebe des Patientenauges 3, durch Abrastern von vorgegebenen Zielpunkten, den Fokusspots 6, auf dem Scanmuster 25, jeweils durch Einstrahlung des gepulsten Laserstrahls 2 an diesem Zielpunkt und damit durch Erzeugung einer Schnittfläche 24, einer modifizierten oder mikrostrukturierten Fläche oder eines modifizierten oder mikrostrukturierten Gewebevolumentens 32, durch die die Struktur 32, 33 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16 und/oder die Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30, 31, 34 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16 gebildet wird, erreicht wird.

Das Steuergerät 12 arbeitet nach vorgegebenen Steuerdaten, welche die Zielpunkte für die Fokusverstellung, also das Scannen des Fokus 7, vorgeben. Die Steuerdaten sind in der Regel in einem Steuerdatensatz zusammengefasst. Dieser gibt in einer

Ausführungsform die Koordinaten der Zielpunkte als Muster vor, wobei die Reihenfolge der Zielpunkte im Steuerdatensatz die Aneinanderreihung der Fokuslagen und damit letztlich eine Bahnkurve, das Scanmuster 25, festlegt. Der Steuerdatensatz enthält in einer Ausführungsform die Zielpunkte als konkrete Stellwerte für den Scanmechanismus, z.B. für den x-y-Scanner 9 und den z-Scanner 11. Auch enthält er in einer Ausführungsform zu den geometrischen Daten der jeweiligen Zielpunkte sämtliche zum Betreiben der Laserquelle 8 notwendigen Daten. Zur Vorbereitung des augenchirurgischen Verfahrens, also bevor das eigentliche Operationsverfahren ausgeführt werden kann, werden die Zielpunkte und vorzugsweise auch deren Reihenfolge im Scanmuster 25 bestimmt. Es muss also eine Vorplanung des operativen Eingriffes dahingehend erfolgen, dass die Steuerdaten für das ophthalmologische Lasertherapiegerät 1 ermittelt werden, deren Anwendung dann eine für das Patientenaug 3 und das gewünschten Shunt-Implantat 30 optimale Struktur 32, 33 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16 und/oder Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30, 31, 34 erzielt. Dies wird mit der erfindungsgemäßen Planungseinrichtung und dem erfindungsgemäßen Planungsverfahren erreicht.

Die Fig. 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Kornea 16. Deren über den wesentlichen Teil ihrer Tiefe verlaufende „Mittel“-Schicht ist die Stroma 19. Nach außen wird diese von dem Epithel 17 abgeschlossen, nach innen zur Augenvorderkammer 20 hingegen bildet das Endothel 18 den Abschluss.

Die Fig. 4a und 4b zeigen eine erste Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung P und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16, sowie eine erste Ausführungsform eines Shunt-Implantats 30. Eine Kornea 16 wird mit einer Lasereinrichtung L eines ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1, die entsprechende Steuerdaten von der Planungseinrichtung P erhalten hat, so bearbeitet, dass durch die gesamte Kornea hindurch eine dreidimensionale Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30 entsteht, die passgenau (und, um eine Vorspannung zu erreichen, leicht verkleinert) das Negativ zu diesem minimalinvasiven Shunt-Implantat 30 abbildet, wie in der Fig. 4a gezeigt ist.

Die Fig. 4b zeigt dann die Kornea 16 mit Shunt-Implantat 30, das bevorzugt elastische Eigenschaften aufweist. Es ist jetzt eingefügt, und füllt passgenau die mit der Laserbearbeitung erzeugte Struktur 35 zu dessen Aufnahme aus. Vorzugsweise wird das Implantat 30 hierbei in einem Injektor-Tool vorgespannt und in die Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30 eingefügt.

In den Fig. 5a und 5b ist eine zweite Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung P und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30, 31 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16, sowie eine zweite Ausführungsform eines Shunt-Implantats 30, 31 dargestellt. Eine Kornea 16 wird mit einer Lasereinrichtung L eines ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1, die entsprechende Steuerdaten von der Planungseinrichtung P erhalten hat, so bearbeitet, dass durch die gesamte Kornea hindurch eine dreidimensionale, brückenartige Struktur 35 zur Aufnahme der Implantat-Brückenstruktur 31 des Shunt-Implantats 30 entsteht, in die die Implantat-Brückenstruktur 31 passgenau aufgenommen werden kann. Das Implantat 30 bekommt dadurch einen stabilen Halt in der Kornea 16, ist dort funktionserhaltend positioniert, und es entstehen nach der Implantation mehrere Drainagekanäle zum Ableiten des Kammerwassers und somit zur druckmindernden Überbrückung der Kornea 16.

Die Fig. 6 zeigt eine mögliche Lage eines Shunt-Implantats 30, 31 in einem Patientenauge 3: Ein solches Implantat 30, 31 wird bevorzugt im Randbereich der Kornea 16, im Limbus 14 und/oder in der Sklera 21 eingebracht, also außerhalb der optischen Zone der Kornea, um die Sicht nicht zu beeinträchtigen. Auch können mehrere dieser Implantate 30 an mehreren Stellen im Patientenauge 3 realisiert werden. Um den Kammerwasserabfluss anzupassen, können diese Implantate auch in zeitlich großen Abständen, abhängig vom Krankheitsverlauf, eingebracht werden, d.h., ein Patientenauge 3 ist mit diesem Verfahren mehrfach behandelbar, entsprechende Eingriffe können mehrfach hintereinander mit der Planungseinrichtung P geplant werden, wobei bei Folgeoperationen optional auch Daten aus den vorhergehenden Operationen berücksichtigt werden können.

In den Fig. 7a und 7b ist eine dritte Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung P und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30, 34, 34' für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16, sowie eine dritte Ausführungsform eines Shunt-Implantats 30, 34, 34' dargestellt.

Die Fig. 7a zeigt ein in die Kornea eines Patientenauges eingebrachtes Shunt-Implantat 30, 34 das in seiner Endposition über die äußere Oberfläche 22 der Kornea, insbesondere über das Epithel, hinausragt. Dies wird als unangenehm empfunden und würde auf Dauer zu Reizungen des Augenlids führen. Nach dem Einbringen des Shunt-Implantats 30, 34 in die Kornea werden deshalb mit einer Laserbearbeitung (beispielsweise in Ablation) die Überstände entfernt (Fig. 7b) und/oder eine Glättung derart durchgeführt, dass das Shunt-Implantat 30, 34' mit der Oberfläche der Kornea 16 abschließt und keine physiologischen Wirkungen mehr zu spüren sind.

Das Shunt-Implantat 30, 34 kann deshalb in dieser Ausführungsform mit der Lasereinrichtung L des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts 1 ebenso bearbeitet werden wie das Gewebe des Patientenauges 3. Insbesondere werden mit dem Laser Anteile am eingesetzten Shunt-Implantat 30, 34 abgetragen. Die Planungseinrichtung P erzeugt in diesem Falle ebenso Steuerdaten für die Bearbeitung des Shunt-Implantats 30, 34.

Eine solche Option kann auch zur späteren Nachbearbeitung des eingesetzten Shunt-Implantats 30, 34 genutzt werden, um ein Überwachsen durch ständig nachwachsenden Epithel-Zellschichten zu unterbinden.

Insbesondere ist diese Option bzw. eine prinzipielle Nachbearbeitungsoption nutzbar, um wiederholt ein eingesetztes Shunt-Implantat 30, 34 und/oder eine im Gewebe des Patientenauges 3 erzeugte Struktur 32, 33 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16 zu bearbeiten, um diese individuell an den Patienten und/oder in Abhängigkeit vom Krankheitsverlauf, beispielsweise durch Anpassung der Durchflussrate des Implantats 30, 34 oder der Struktur 32, 33 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16 durch Laserbearbeitung anzupassen.

Die Fig. 8 zeigt eine vierte Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung P und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur 32 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16. In dieser Ausführungsform wird allein eine gewebeeigene Drainage-Struktur durch Modifikation und/oder Mikrostrukturierung eines Gewebevolument 32 erzeugt, die potentiell über eine lichtinduzierte Vernetzung stabilisiert werden kann. Eine solche Vernetzung der Gewebestrukturen des modifizierten bzw. mikrostrukturierten Gewebevolument 32 kann durch Bestrahlung z.B. mittels zusätzlicher Gabe von Riboflavin auch genutzt werden, um unerwünschte Vernarbungs- oder Wundheilungsreaktionen zu reduzieren. Damit wird auch über einen längeren Zeitraum von einem bis mehreren Jahren eine stabile Drainage-Struktur bzw. allgemeiner eine stabile Struktur 32 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16 in der Kornea 16, dem Limbus 14 und/oder der Sklera 21 erzeugt, die individuell auf den Patienten oder auf das Krankheitsbild angepasst werden kann, und die so ausgeführt ist, dass ein Eindringen von Bakterien oder Keimen unterbunden wird. Das Einbringen eines Shunt-Implantats 30 ist in dieser Ausführungsform nicht vorgesehen.

In den Fig. 9a bis 9c werden verschiedene Ausführungen von Scanmustern 25 von Fokusspots 6 des Fokus 7 eines gepulsten Laserstrahls 2 gezeigt. Die Fig. 9a zeigt dabei eine unvollständig getrennte Schnittfläche 24, in der Gewebebrücken 5 zurückbleiben, und die Fig. 9b eine vollständig getrennte Schnittfläche 24, in der keine Gewebebrücken 5 zurückbleiben, während die Fig. 9c ein Fläche eines modifizierten Gewebevolument 32 darstellt, in dem durch die Fokusspots 6 mit ihrem jeweiligen Fokuswirkbereich 4 zwar eine lokale Veränderung des Gewebes erfolgt, die Gewebebrücken 5 in diesem Fall nicht nur lokal miteinander verbunden sind, sondern ein weitreichendes und stabiles Netz bilden, das nicht mit geringem Druck zerstörbar ist.

Die Fig. 10 zeigt eine fünfte Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung P und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur 32 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und eine Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16 mit eingesetztem Shunt-Implantat 30,

sowie eine vierte Ausführungsform eines Shunt-Implantats 30. Hier wird das Einbringen eines Shunt-Implantats 30 kombiniert mit einer Modifikation oder Mikrostrukturierung eines Gewebevolumens 32. In Zusammenwirkung des Shunt-Implantats 30 mit der Struktur 32 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea 16 wird der gewünschte Drainage-Effekt erreicht. Die Aufgaben des Shunt-Implantats 30 in dieser Ausführungsform sind insbesondere die Ausübung einer Filterwirkung, die Sicherstellung des Druckabfalls und die Unterbindung des Eindringens von Keimen in die Vorderkammer 20.

In den Fig. 11a und 11b wird eine sechste Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung P und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur 32, 33 zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea und eine Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 35 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16, sowie eine fünfte Ausführungsform eines Shunt-Implantats 30 dargestellt. In dieser Ausführungsform wird eine Kavität 33 in der Kornea 16, dem Limbus 14 und/oder der Sklera 21 erzeugt, die als Sammelreservoir für die Kammerflüssigkeit dient, um deren Abfluss zu unterstützen. Der Abfluss in Richtung der Oberfläche der Kornea 16 bzw. Sklera 21, und damit auch zur Tränenflüssigkeit auf dem Epithel 17 hin, kann weiter unterstützt werden eine weitere Laserbearbeitung der Kornea 16, des Limbus 14 und/oder der Sklera 21 zur Schaffung eines aktiven Abflusses 32 (Fig. 11a) oder durch das Einbringen eines weiteren Shunt-Implantats 30 (Fig. 11b).

Die Fig. 12a bis 12d zeigen eine siebte Ausführungsform einer unter Nutzung einer erfindungsgemäßen Planungseinrichtung P und/oder eines erfindungsgemäßen Planungsverfahrens erzeugten Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30 für die drucksenkende Überbrückung der Kornea 16, sowie eine sechste Ausführungsform eines Shunt-Implantats 30, 37. Bei dem hier verwendeten Shunt-Implantat 30, 37 handelt es sich um ein mehrteiliges Implantat, das mittels eines zusätzlichen Fixierelements 38 die ‚reversible‘ Arretierung des Shunt-Implantats 30, 37 erlaubt. Das Fixierelement 38 wird durch einen Zugangsschnitt 40 eingebracht, Das als Kanalelement 37 ausgebildete Shunt-Implantat 30, das einen Kanal 39 aufweist und für die Drainage- bzw. Druckminderungswirkung zuständig ist, wird durch die Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30, 37 eingebracht.

Kanalelement 37 und Fixierelement 38 werden mechanisch gekoppelt. Dieses Verfahren ist reversibel: Das Shunt-Implantat 30, 37 ist durch den Zugangsschnitt 40 dauerhaft erreichbar. Lediglich die Epithelschicht 17 auf der Vorderseite 22 der Kornea 16 wächst wieder zu und muss von neuem chirurgisch geöffnet werden. Durch den Zugangsschnitt 40 kann der Chirurg bzw. Operateur mit einem Werkzeug zum Fixierelement 38 gelangen, es lösen und entfernen. In Folge kann auch das Kanalelement 37 entfernt werden. Ein neues Kanalelement 37, d.h. ein neues Shunt-Implantat 30 kann in die bereits existierende Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30 eingebracht werden und mit einem neuem Fixierelement 38, das wiederum über den Zugangsschnitt 40 eingeführt wird, fixiert werden.

Die Fig. 13a und 13b erläutern eine siebte und eine achte Ausführungsform eines Shunt-Implantats 30 in Form eines mehrteiligen Implantats, das ein Kanalelement 37 und ein Fixierelement 38 umfasst. Die Kanalelemente 37 beider Ausführungsformen des mehrteiligen Shunt-Implantats weisen jeweils eine Aufnahme-Struktur 42 auf. Im Falle der Fig. 13a wird zunächst das Kanalelement 37 in die Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30, 37 eingeführt und anschließend das Fixierelement 38 durch den Zugangsschnitt 40 an das Kanalelement 37 herangeführt und in die Aufnahme-Struktur 42 eingeführt, um es in dieser Position zu fixieren. Im Falle der Fig. 13b wird hingegen zunächst ein Fixierelement 38 durch den Zugangsschnitt 40 eingeschoben und so positioniert, dass beim Einfügen des Kanalelements 37 in die Struktur 35 zur Aufnahme des Shunt-Implantats 30 dieses auf das Fixierelement 38 aufgesteckt wird und dabei das Kanalelement 37 mit der Aufnahme-Struktur 42 im Fixierelement 38 zum Halten kommt. Um das Fixierelement 38 zum Einführen und Positionieren wie auch bei einem Austausch zum Entfernen über den Zugangsschnitt 40 entsprechend „anfassen“ zu können, enthält das Fixierelement 38 einen Werkzeugadapter-Struktur 43, also eine Struktur bzw. ein Element, an der bzw. an dem der Chirurg bzw. Operateur das Fixierelement 38 mit einem Werkzeug fassen kann. Diese ist hier nur vereinfacht dargestellt und kann in der konkreten Ausführung formschlüssige oder kraftschlüssige Verbindungen zwischen Werkzeug und Fixierelement 38 des Shunt-Implantats 30, 37 ermöglichen.

Die vorstehend genannten und in verschiedenen Ausführungsbeispielen erläuterten Merkmale der Erfindung sind dabei nicht nur in den beispielhaft angegebenen

Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder allein einsetzbar, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Eine auf Verfahrensmerkmale bezogene Beschreibung einer Vorrichtung gilt bezüglich dieser Merkmale analog für das entsprechende Verfahren, während Verfahrensmerkmale entsprechend funktionelle Merkmale der beschriebenen Vorrichtung darstellen.

Patentansprüche

1. Planungseinrichtung (P) zur Erzeugung von Steuerdaten für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät (1), das eine Lasereinrichtung (L) mit einer Laserquelle (8) zur Erzeugung eines gepulsten Laserstrahls (2), mit einer Fokussiervorrichtung (10) zum Fokussieren des gepulsten Laserstrahls in einem Fokus sowie mit einer Scanvorrichtung (9, 11) zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls in einem Gewebe eines Patientenauges (3), insbesondere in einer Kornea (16), einem Limbus (14) und/oder einer Sklera (21), zum Modifizieren, Mikrostrukturieren oder Durchtrennen des Gewebes entlang eines Scanmusters (25) von Fokusspots (6) des Fokus (7) des gepulsten Laserstrahls gemäß der Steuerdaten sowie eine Steuereinheit (12) zur Steuerung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts (1) mittels der Steuerdaten aufweist,
 - wobei die Planungseinrichtung (P) eine Schnittstelle (S1) zum Zuführen von Daten der Charakterisierung des Patientenauges, insbesondere von Kornea (16), Limbus und/oder Sklera des Patientenauges (3), sowie zum Zuführen von Daten eines Modells eines Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) und/oder von Daten einer in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) zu erzeugenden Struktur (32, 33, 35) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, und eine Schnittstelle (S2) zum Abführen der Steuerdaten an eine Steuereinheit (12) des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts (1) umfasst,
 - wobei die Planungseinrichtung (P) ausgebildet ist, aus den zugeführten Daten Steuerdaten für das Scanmuster (25) des Fokus (7) in einem Gewebe des Patientenauges (3), insbesondere in der Kornea (16) dem Limbus (14) und/oder der Sklera, zu erzeugen, mit denen das ophthalmologische Lasertherapiegerät (1) so steuerbar ist, dass die Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) , und/oder die Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) im Gewebe des Patientenauges (3) erzeugbar ist.

2. Planungseinrichtung (P) nach Anspruch 1, wobei das Scanmuster (25) mindestens eine Schnittfläche (24) beschreibt, die von Fokusspots (6) des Fokus (7) des gepulsten Laserstrahls (2), der sich entlang des Scanmusters (25) bewegt, so

ausgefüllt ist, dass eine vollständige oder unvollständige Trennung des Gewebes in dieser Schnittfläche (24) erfolgt, und/oder das Scanmuster (25) mindestens einen durch den gepulsten Laserstrahl (2) mikrostrukturierten Gewebebereich (32) beschreibt, der von Fokusspots (6) des Fokus (7) des gepulsten Laserstrahls (2), der sich entlang des Scanmusters (25) bewegt, so ausgefüllt ist, dass das Gewebe dieses Gewebebereichs (32) in einem Fokuswirkbereich (4) um den Fokusspot (6) des gepulsten Lasers (2) herum modifiziert ist.

3. Planungseinrichtung (P) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea ausgebildet ist, das Shunt-Implantat (30, 31, 34, 37) derart aufzunehmen, dass eine spätere Änderung seiner Position in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) verhindert wird, insbesondere, dass nach dessen Aufnahme ein Rückgleiten verhindert wird.

4. Planungseinrichtung (P) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea als „Negativ“ des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37), bevorzugt als in den Dimensionen der Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) im Vergleich zu den Dimensionen des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) leicht verkleinertes „Negativ“ des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37), ausgebildet ist.

5. Planungseinrichtung (P) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) als eine brückenartige Struktur in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) ausgebildet ist, in der das Shunt-Implantat (30) in einer speziellen Ausgestaltung als Implantat-Brückenstruktur (31) vorzugsweise vollständig aufgenommen werden kann.

6. Planungseinrichtung (P) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, die des Weiteren ausgebildet ist, für einen Folgeschritt weitere Steuerdaten zur Ansteuerung der Lasereinrichtung (L) zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls (2) in einem im Patientenaugenauge (3) aufgenommenen Shunt-Implantat (30, 31, 34) für die

drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) zum Modifizieren des Shunt-Implantats entlang eines Scanmusters (25) von Fokusspots (6) des Fokus (7) des gepulsten Laserstrahls (2) gemäß der Steuerdaten zu erzeugen.

7. Planungseinrichtung (P) nach Anspruch 6, die eingerichtet ist, die weiteren Steuerdaten für den Folgeschritt so zu erzeugen, dass Überstände des aufgenommenen Shunt-Implantats (30, 31, 34) entfernt und/oder eine Glättung des Shunt-Implantats herbeigeführt wird.

8. Planungseinrichtung (P) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) eine Drainage-Struktur aufweist, die über eine lichtinduzierte Vernetzung stabilisiert wird.

9. Planungseinrichtung (P) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, die eingerichtet ist, aus den zugeführten Daten des Weiteren mindestens einen Zugangsschnitt (40) zu definieren, der von der Oberfläche (23) der Kornea (16), des Limbus (14) und/oder der Sklera (21) bis zur Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) und/oder zur Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) reicht, und für diesen Zugangsschnitt (40) zusätzliche Steuerdaten zur Ansteuerung der Lasereinrichtung (L) zu erzeugen, mit denen das ophthalmologische Lasertherapiegerät (1) so steuerbar ist, dass dieser Zugangsschnitt (40) in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) des Patientenauges (3) erzeugbar ist.

10. Planungseinrichtung (P) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) eine Kavität (33) aufweist, und hierfür die Steuerdaten für das Scanmuster (25) so erzeugt werden, dass mit ihnen ein Gewebevolumen (36) in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) separierbar ist, das bevorzugt hernach über die Öffnung (41) eines Zugangsschnitts (40) entfernbar ist.

11. Planungseinrichtung (P) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass an der Schnittstelle (S1) einer Messeinrichtung (M)

angeschlossen ist, welche die Daten der Charakterisierung des Patientenauges (3) aus einer Vermessung des Patientenauges (3) erzeugt und der Planungseinrichtung (P) zuführt, wobei die Messeinrichtung (M) bevorzugt eine oder mehrere der folgenden Vorrichtungen aufweist: Autorefraktor, Refraktometer, Keratometer, Aberrometer, Wellenfrontvermessungseinrichtung, optischer Kohärenztomograph (OCT), Scheimpflugkamera, Ultraschall-Bildgebungssystem, Mikroskop.

12. Planungseinrichtung (P) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, die ausgebildet ist, bei der Erzeugung der Steuerdaten eine Verformung der Kornea (16), des Limbus (14) und/oder der Sklera (21) des Patientenauges (3) während einer Lasertherapie durch eine Vorrichtung zur Ruhigstellung des Patientenauges (3) zu berücksichtigen, insbesondere eine Verformung der Kornea (16), des Limbus (14) und/oder der Sklera (21) durch die Fixierung des Patientenauges (3) am ophthalmologischen Lasertherapiegerät (1) mittels eines Patienteninterface (13), optional ein Kontaktglas oder ein Flüssigkeits-Patienteninterface, so dass die Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) und/oder die Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) in der unverformten Kornea (16), Limbus (14) und/oder Sklera (21) vorliegt.

13. Ophthalmologisches Lasertherapiegerät (1) zur Behandlung eines Gewebes eines Patientenauges zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, umfassend:

- eine Lasereinrichtung (L) mit einer Laserquelle (8) zur Erzeugung eines gepulsten Laserstrahls (2), einer Fokussiervorrichtung (10) zum Fokussieren des gepulsten Laserstrahls in einem Fokus sowie einer Scanvorrichtung (9, 11) zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls in einem Gewebe eines Patientenauges (3), insbesondere in einer Kornea (16), einem Limbus (14) und/oder einer Sklera (21), zum Modifizieren, Mikrostrukturieren oder Durchtrennen des Gewebes entlang eines Scanmusters (25) von Fokusspots (6) des Fokus (7) des gepulsten Laserstrahls (2), das durch Steuerdaten bestimmt ist,
- eine Steuereinheit (12) zur Steuerung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts (1) mittels der Steuerdaten, sowie
- eine Planungseinrichtung zur Erzeugung der Steuerdaten gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12.

14. Ophthalmologisches Lasertherapiegerät (1) nach Anspruch 13, das des Weiteren eine Messeinrichtung zur Erzeugung von Daten der Charakterisierung des Patientenauges umfasst, insbesondere eine Messeinrichtung aus der folgenden Gruppe: Autorefraktor, Refraktometer, Keratometer, Aberrometer, Wellenfrontvermessungseinrichtung, optischer Kohärenztomograph (OCT), Scheimpflugkamera, Ultraschall-Bildgebungssystem, Mikroskop.

15. Ophthalmologisches Lasertherapiegerät (1) nach Anspruch 13 oder 14, das des Weiteren eine Vorrichtung zur automatisierten Entfernung eines Gewebes aus der Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea bzw. der Struktur (35) zur Aufnahme eines Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) und/oder zur automatisierten Einführung eines Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) in die dafür vorgesehene Struktur zu dessen Aufnahme (35) aufweist.

16. Planungsverfahren für die Erzeugung von Steuerdaten für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät (1), das eine Lasereinrichtung (L) mit einer Laserquelle (8) zur Erzeugung eines gepulsten Laserstrahls (2), einer Fokussiervorrichtung (10) zum Fokussieren des gepulsten Laserstrahls in einem Fokus sowie einer Scanvorrichtung (9, 11) zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls in einem Gewebe (3) eines Patientenauges, insbesondere in einer Kornea (16), einem Limbus (14) und/oder einer Sklera (21), zum Modifizieren, Mikrostrukturieren oder Durchtrennen des Gewebes entlang eines Scanmusters (25) von Fokusspots (6) des Fokus (7) des gepulsten Laserstrahls (2) gemäß der Steuerdaten, und eine Steuereinheit (12) zur Steuerung des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts (1) mittels der Steuerdaten aufweist,

- wobei Daten der Charakterisierung des Patientenauges, insbesondere von Kornea (16), Limbus (14) und/oder Sklera (21) des Patientenauges (3), und Daten eines Modells eines Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) und/oder Daten von einer in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) zu erzeugenden Struktur (32, 33, 35) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea bereitgestellt werden,
- aus den bereitgestellten Daten Steuerdaten für das Scanmuster (25) des Fokus (7) in einem Gewebe des Patientenauges (3), insbesondere in der Kornea (16), dem

Limbus (14) und/oder der Sklera (21) ermittelt werden, mit denen das ophthalmologische Lasertherapiegerät (1) so steuerbar ist, dass die Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) im Gewebe des Patientenauges (3) erzeugbar ist, und/oder die Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) erzeugbar ist, und diese Steuerdaten an eine Steuereinheit (12) des ophthalmologischen Lasertherapiegeräts (1) abgeführt werden.

17. Planungsverfahren nach Anspruch 16, wobei im Scanmuster (25) der Abstand der Fokusspots (6) des Fokus (7) des gepulsten Laserstrahls (2) sowie ihre Lage zueinander berücksichtigt werden.

18. Planungsverfahren nach Anspruch 16 oder 17, wobei die Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea so ausgebildet wird, dass nach der Aufnahme des Shunt-Implantats (30) eine Änderung seiner Position in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) verhindert wird, insbesondere, dass nach dessen Aufnahme ein Rückgleiten verhindert wird.

19. Planungsverfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei die Struktur zur Aufnahme des Shunt-Implantats für die drucksenkende Überbrückung der Kornea als „Negativ“ des Shunt-Implantats (30), bevorzugt als in den Dimensionen der Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) im Vergleich zu den Dimensionen des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) leicht verkleinertes „Negativ“ des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37), ausgebildet wird, insbesondere, wobei die Struktur als eine brückenartige Struktur in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) ausgebildet wird, in der das Shunt-Implantat (30) in einer speziellen Ausgestaltung als Implantat-Brückenstruktur (31) vorzugsweise vollständig aufgenommen werden kann.

20. Planungsverfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei für einen Folgeschritt weitere Steuerdaten zur Ansteuerung der Lasereinrichtung (L) zum Scannen des Fokus des gepulsten Laserstrahls (2) in einem im Patientenaug (3) aufgenommenen Shunt-Implantat (30, 31, 34) für die drucksenkende Überbrückung

der Kornea (16) zum Modifizieren des Shunt-Implantats (30, 31, 34) entlang des Scanmusters (25) von Fokuspots (6) des Fokus (7) des gepulsten Laserstrahls (2) gemäß der Steuerdaten erzeugt werden, insbesondere weitere Steuerdaten für ein Scanmuster (25), durch das Überstände des eingebrachten Shunt-Implantats (30, 31, 34) entfernt und/oder eine Glättung des Shunt-Implantats (30, 31, 34) herbeigeführt wird.

21. Planungsverfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, wobei Steuerdaten für eine Struktur erzeugt werden, die eine Drainage-Struktur als Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) aufweist, die über eine lichtinduzierte Vernetzung stabilisiert wird.

22. Planungsverfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 21, wobei aus den zugeführten Daten des Weiteren mindestens einen Zugangsschnitt (40) definiert wird, der von der Oberfläche (23) der Kornea (16), des Limbus (14) und/oder der Sklera (21) bis zur Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) und/oder zur Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) reicht, und für diesen Zugangsschnitt (40) zusätzliche Steuerdaten zur Ansteuerung der Lasereinrichtung (L) erzeugt werden, mit denen das ophthalmologische Lasertherapiegerät (1) so steuerbar ist, dass dieser Zugangsschnitt (40) in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) des Patientenauges (3) erzeugbar ist.

23. Planungsverfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, wobei die Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) eine Kavität (33) aufweist, und Steuerdaten für das Scanmuster (25) derart erzeugt werden, dass beim Scannen des Fokus (7) des gepulsten Laserstrahls (2) gemäß der Steuerdaten ein Gewebevolumen (36) in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) separiert wird, das hernach bevorzugt über die Öffnung (41) eines Zugangsschnitts (40) entfernt wird.

24. Planungsverfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23, in dem die Daten der Charakterisierung des Patientenauges (3) aus einer Vermessung des

Patientenauges (3) erzeugt und der Planungseinrichtung (P) zugeführt werden, wobei die Daten der Charakterisierung des Patientenauges (3) bevorzugt mittels einer oder mehrerer der folgenden Messungen ermittelt werden: autorefraktive Messung, refraktometrische Messung, keratometrische Messung, Aberrometermessung, Wellenfrontvermessung, optische Kohärenztomographie (OCT), Scheimpflugmethode, Ultraschall-Bildgebung, mikroskopische Messung.

25. Planungsverfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 24, in dem bei der Erzeugung der Steuerdaten eine Verformung der Kornea (16), des Limbus (14) und/oder der Sklera (21) des Patientenauges (3) während einer Lasertherapie durch eine Vorrichtung zur Ruhigstellung des Patientenauges (3) berücksichtigt wird, insbesondere eine Verformung durch die Fixierung des Patientenauges (3) am ophthalmologischen Lasertherapiegerät (1) mittels eines Patienteninterface (13), so dass die Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) und/oder die Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) hernach in der unverformten Kornea (16), Limbus (14) und/oder Sklera (21) vorliegt.

26. Shunt-Implantat (30, 31, 34, 37) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, gekennzeichnet durch einen Querschnitt durch das Shunt-Implantat (30, 31, 34, 37) bzw. durch ein druckausgleichswirksames Element des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) in einer Schnittebene, die senkrecht zu einer Oberfläche der Kornea (22) verläuft, der eine konkave Querschnittsfläche aufweist.

27. Shunt-Implantat (30, 31, 34, 37) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, bevorzugt nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass es ein Kanalelement als druckausgleichswirksames Element und ein Fixierelement aufweist, wobei das Fixierelement unabhängig vom Kanalelement in das Gewebe eingeführt wird und das Kanalelement mit dem Fixierelement im Gewebe fixierbar ist.

28. Shunt-Implantat nach Anspruch 26 oder 27, wobei das Kanalelement (37) eine Aufnahmestruktur (42) für das Fixierelement (38) umfasst und das Kanalelement (37) auf das Fixierelement (38) aufsteckbar ist oder das Fixierelement (38) in die Aufnahmestruktur (42) des Kanalelements (37) einführbar ist.

29. Shunt-Implantat nach einem der Ansprüche 26 bis 28, wobei das Fixierelement (38) eine Werkzeugadapter-Struktur 43 enthält.

30. Computerprogrammprodukt mit Programm-Code, der bei seiner Ausführung auf einem Computer das Planungsverfahren für die Erzeugung von Steuerdaten für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 25 ausführt und/oder der auf einer Planungseinrichtung (P) zur Erzeugung von Steuerdaten nach einem der Ansprüche 1 bis 12, insbesondere von einem Prozessor einer solchen Planungseinrichtung (P), und vorzugsweise einer solchen Planungseinrichtung (P) zum konsekutiven Steuern eines ophthalmologischen Lasertherapiegeräts (1) mit den erzeugten Steuerdaten, lesbar ist, und der, wenn er von der Planungseinrichtung (P) ausgeführt wird, Steuerdaten erzeugt, um das ophthalmologische Lasertherapiegerät (1) zur Behandlung eines Gewebes eines Patientenauges zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea zu betreiben.

31. Computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 30 gespeichert ist.

32. Verfahren zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea, in dem mit einem Planungsverfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 25 Steuerdaten für ein Scanmuster (25) des Fokus (7) in einem Gewebe des Patientenauges (3), insbesondere in der Kornea (16), dem Limbus (14) und/oder der Sklera (21) für ein ophthalmologisches Lasertherapiegerät erzeugt und an dieses abgeführt werden, und das ophthalmologische Lasertherapiegerät (1) mit Hilfe dieser Steuerdaten betrieben wird, um in einem Patientenaugen (3) eine Struktur (32, 33) zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea (16) im Gewebe des Patientenauges (3) und/oder eine Struktur (35) zur Aufnahme eines Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) für die drucksenkende Überbrückung der Kornea (16) zu erzeugen.

33. Verfahren zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea bevorzugt nach Anspruch 32, wobei nach einer Erzeugung einer Struktur (35) zur Aufnahme eines Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) im Gewebe des Patientenauges (3) das Shunt-

Implantat (30, 31, 34, 37) mittels eines Bioadhäsives vorübergehend oder permanent in einer Struktur (35) zur Aufnahme eines Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) fixiert wird.

34. Bioadhäsive zur Verwendung als vorübergehende oder permanente Fixierung eines Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37), insbesondere eines Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) nach einem der Ansprüche 26 bis 29, in einer Struktur (35) zur Aufnahme des Shunt-Implantats (30, 31, 34, 37) in einem Gewebe eines Patientenauges (3).

35. Bioadhäsive nach Anspruch 34 zur weiteren Verwendung als Abdichtung.

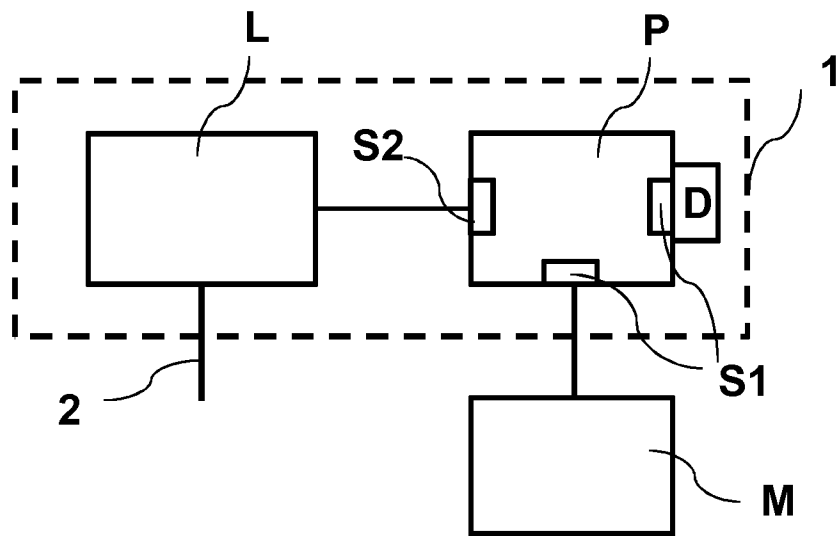


Fig. 1

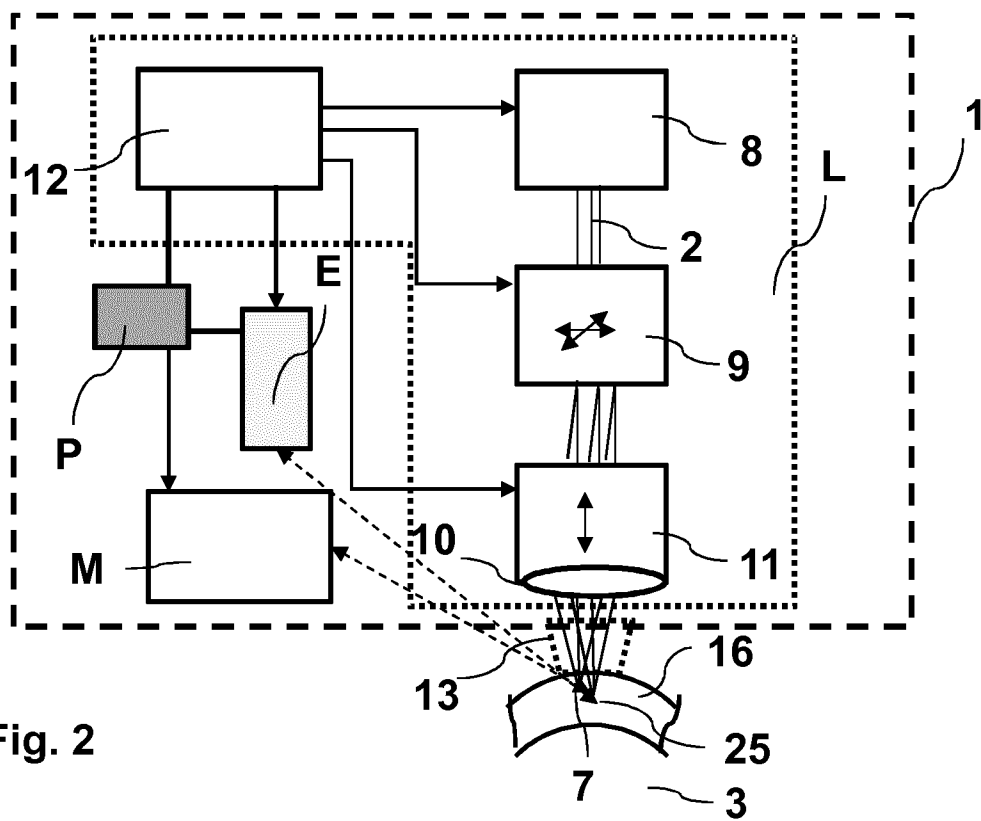


Fig. 2

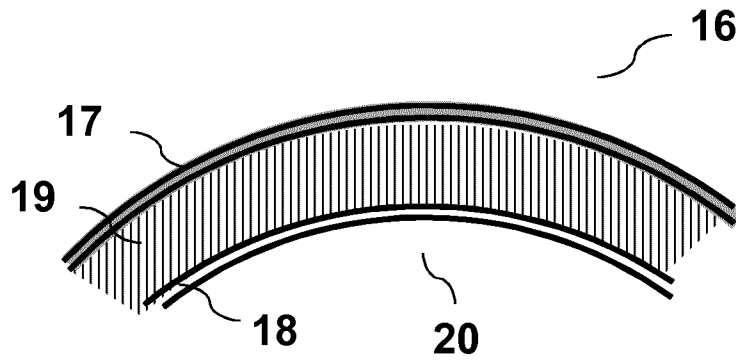


Fig. 3

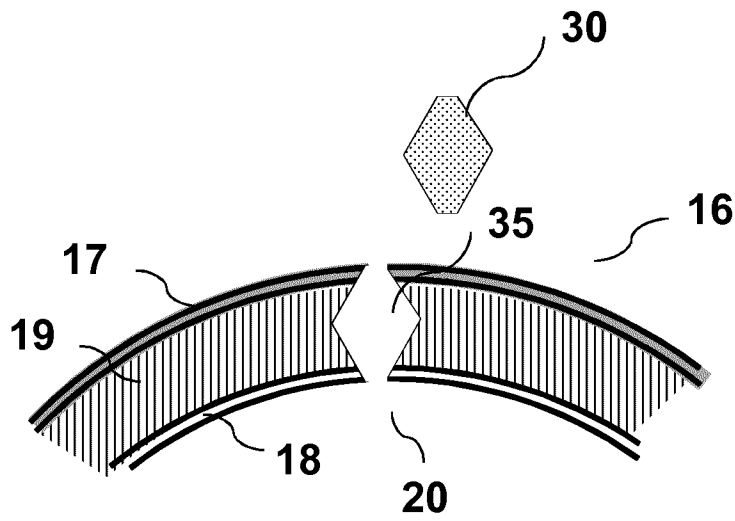


Fig. 4a

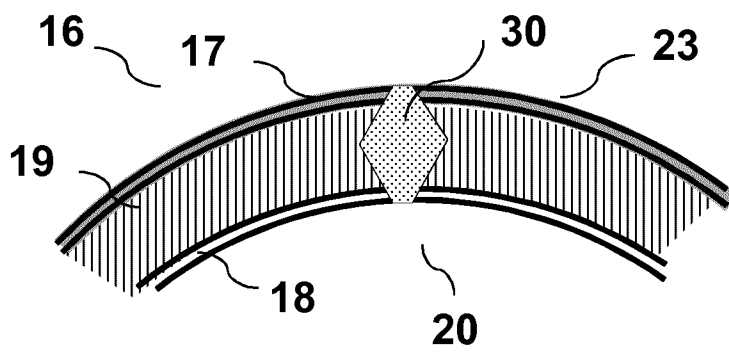


Fig. 4b

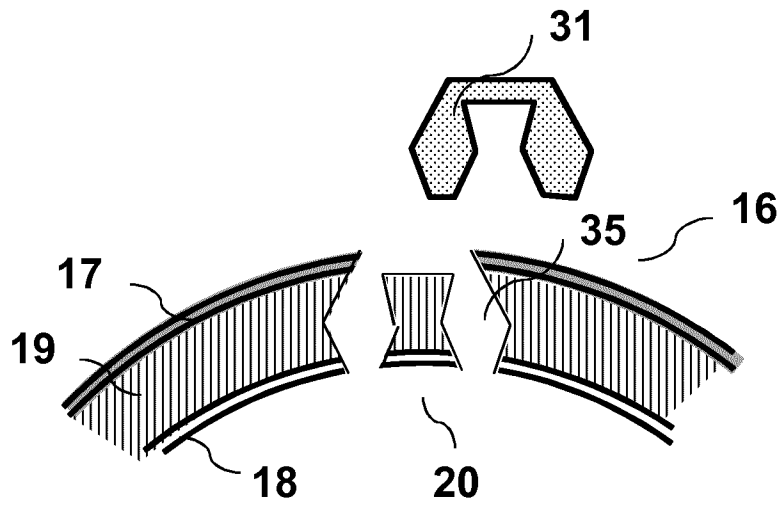


Fig. 5a

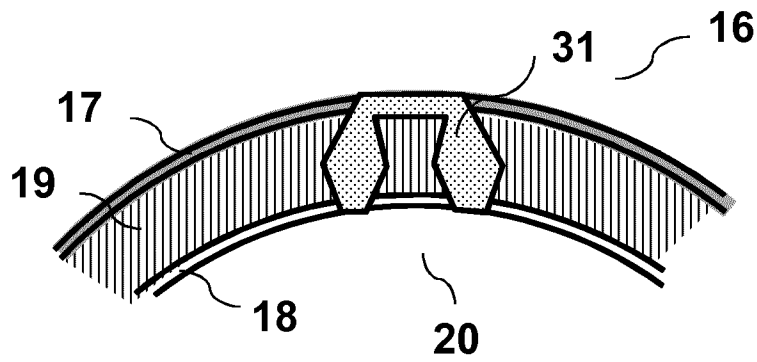


Fig. 5b

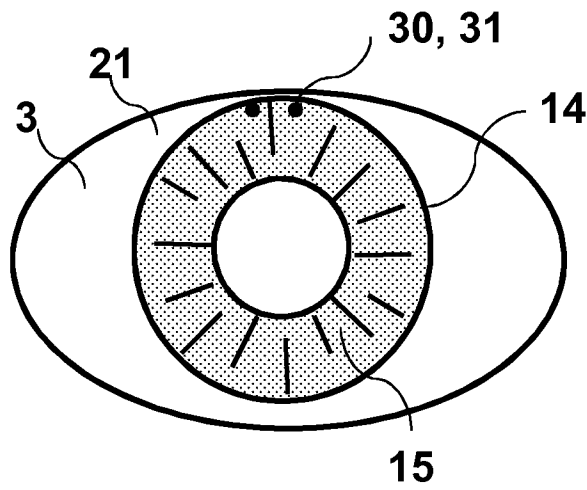


Fig. 6

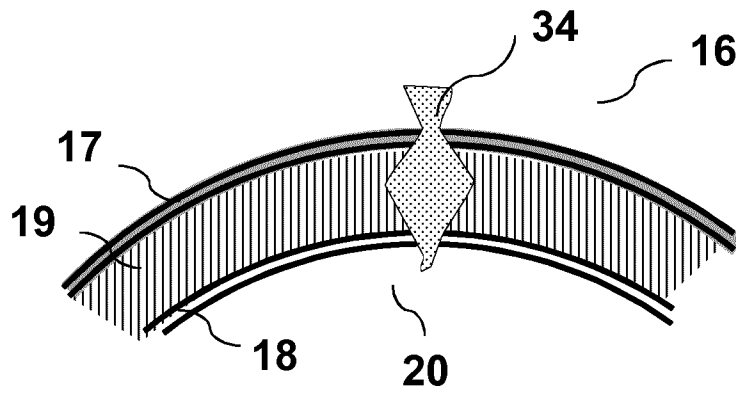


Fig. 7a

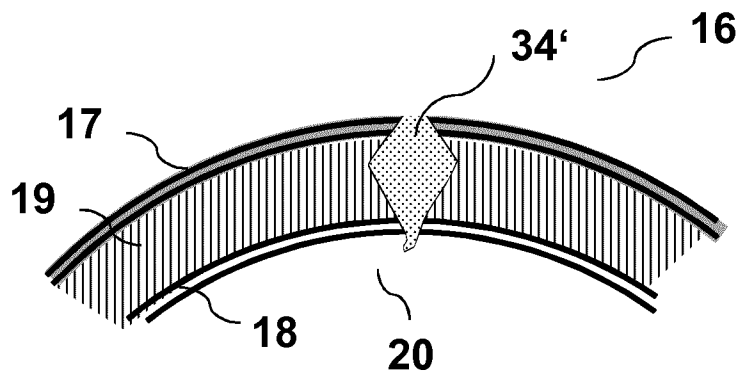


Fig. 7b

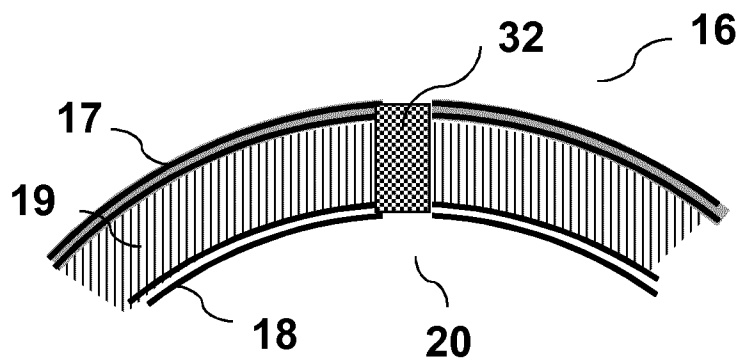


Fig. 8

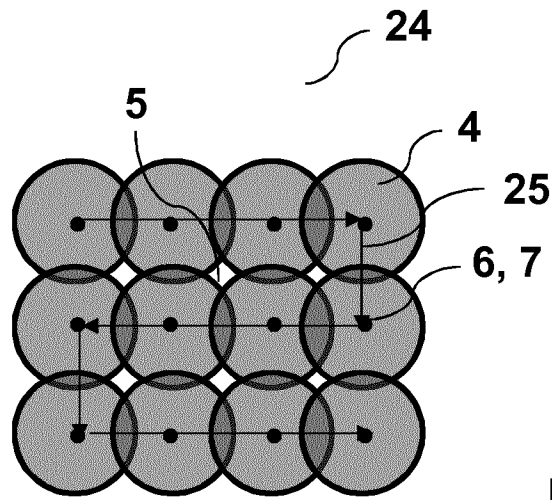


Fig. 9a

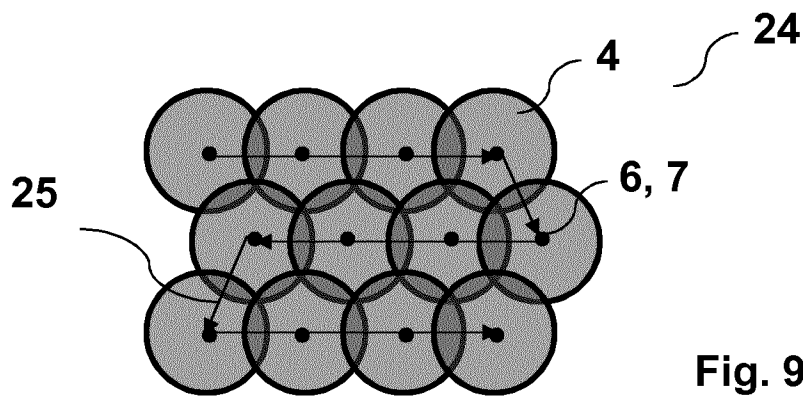


Fig. 9b

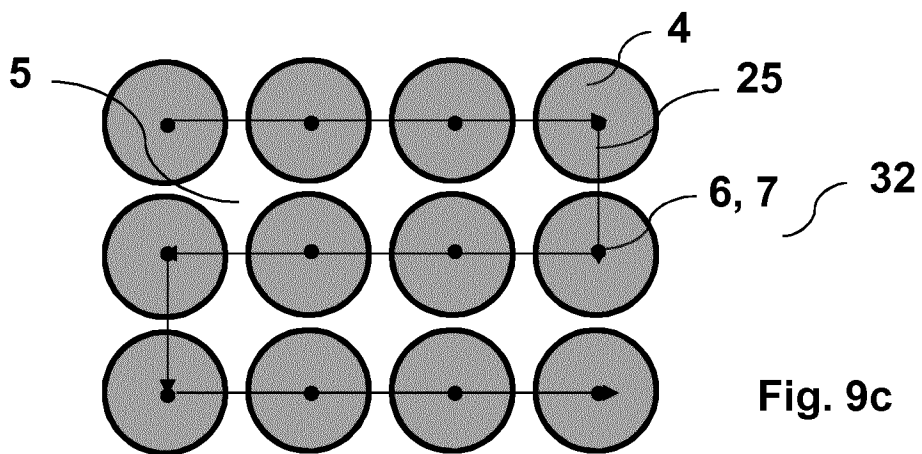


Fig. 9c

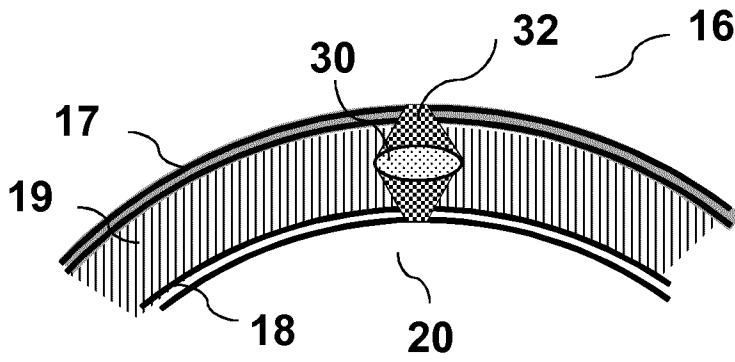


Fig. 10

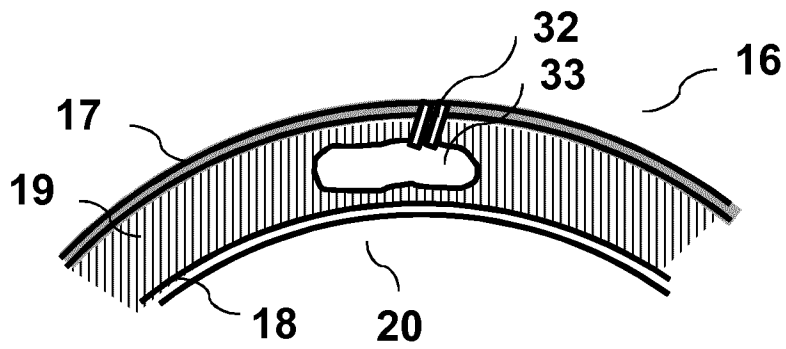


Fig. 11a

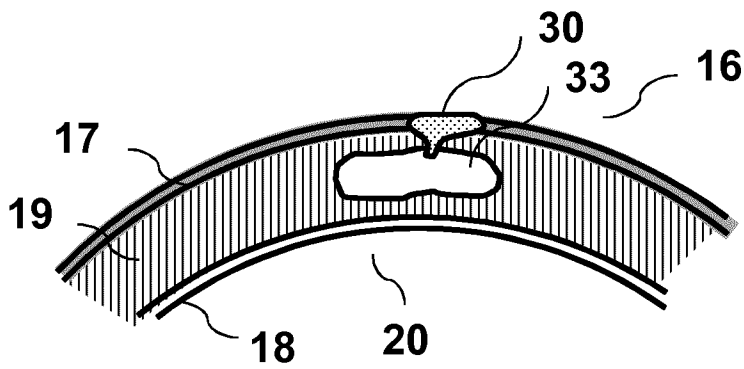


Fig. 11b

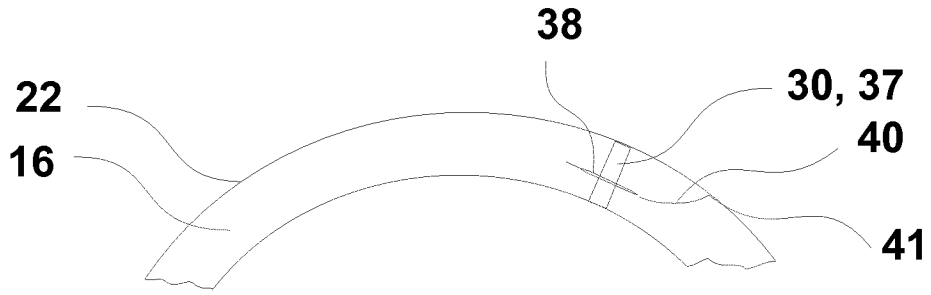


Fig. 12a

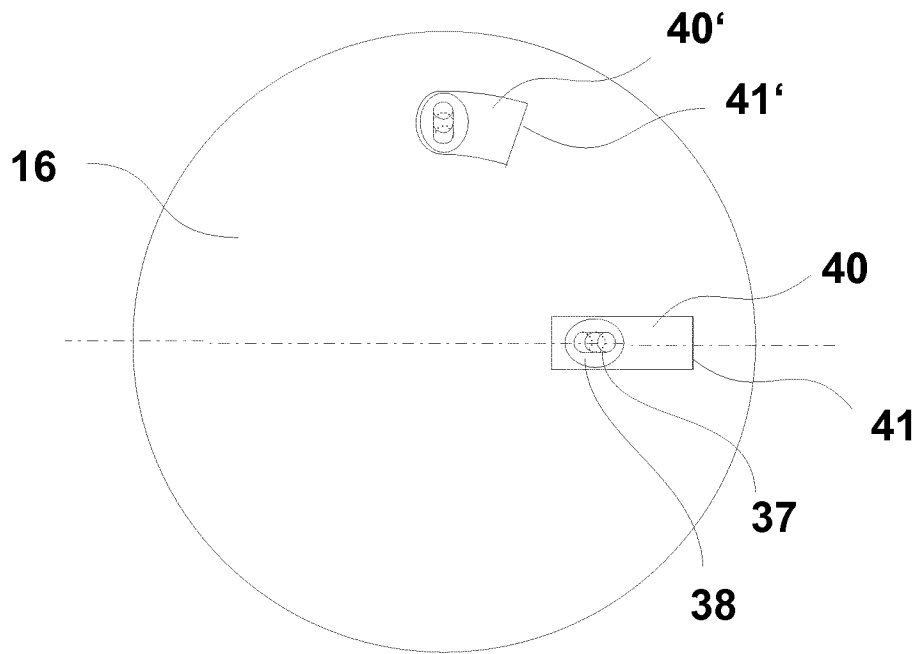


Fig. 12b

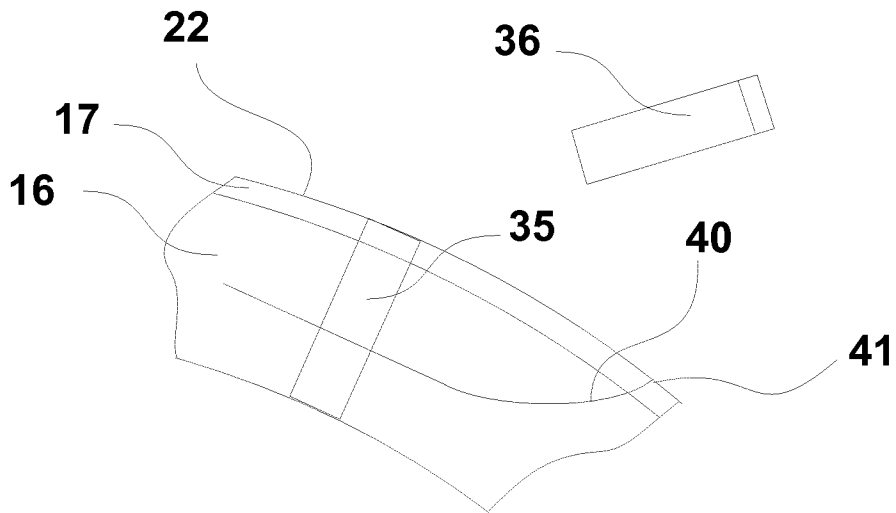


Fig. 12c

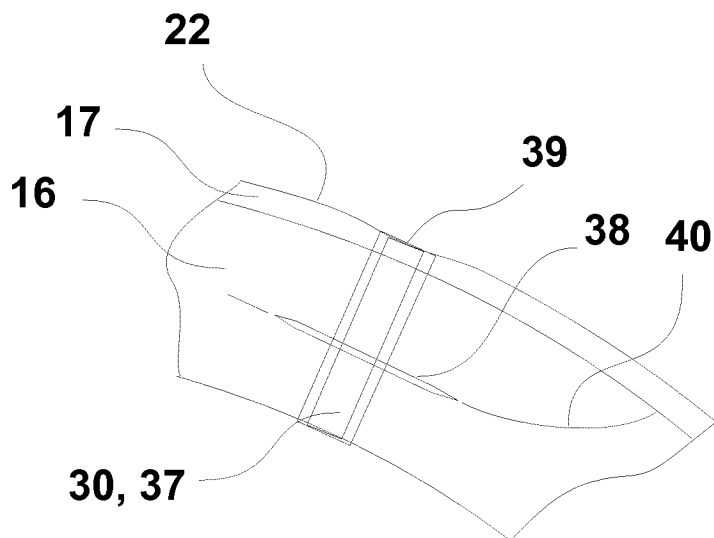


Fig. 12d

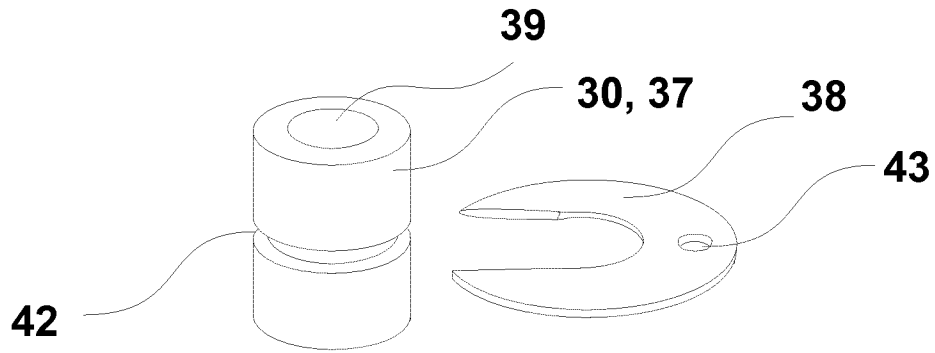


Fig. 13a

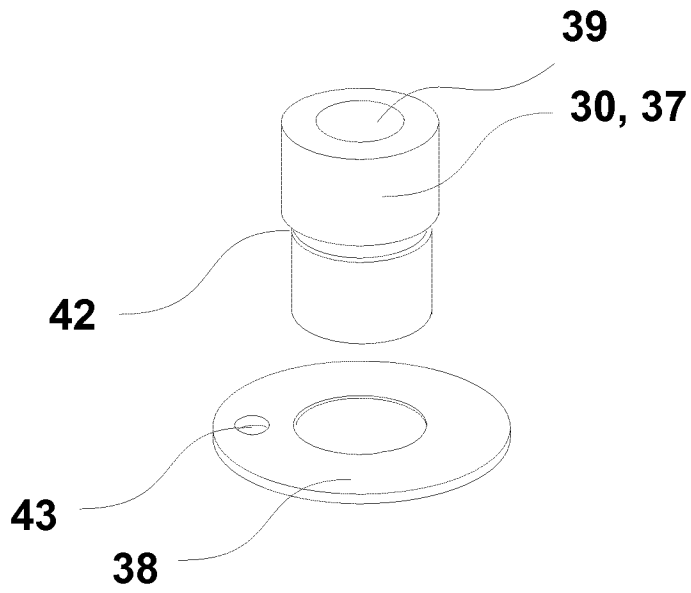


Fig. 13b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/055440

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>A61F 9/007</i> (2006.01)i; <i>A61F 9/008</i> (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2014127242 A2 (PROCEPT BIROBOTICS CORP [US]) 21 August 2014 (2014-08-21) paragraphs [0013] - [0017], [0026], [0204], [0227], [0351] - [0362]; claims 19,25-27,30; figure 21	1-5,8-19,21-25,30,31 6,7,20
A	US 2007156079 A1 (BROWN J D [US]) 05 July 2007 (2007-07-05) abstract; claim 1; figure 1	1-25,30,31
Y A	WO 2015136520 A1 (TEL HASHOMER MEDICAL RES INFRASTRUCTURE & SERVICES LTD [IL]) 17 September 2015 (2015-09-17) claim 15	6,7,20 1-5,8-19,21-25,30,31
X,P	WO 2018049246 A1 (ALEYEGN TECH LLC [US]; SAMPLES JOHN RANDALL [US]) 15 March 2018 (2018-03-15) paragraphs [0256], [0261], [0306], [0324] - [0329], [0340] - [0356], [0385], [0386]; figures 8,14-21	1,16,30
A	US 2005043722 A1 (LIN J T [US]) 24 February 2005 (2005-02-24) claims 1-3,11	1-25,30,31
A	US 7192412 B1 (ZHOU JIANBO [US] ET AL) 20 March 2007 (2007-03-20) figures 3,19	1-25,30,31
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 11 June 2019		Date of mailing of the international search report 13 August 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Kajzar, Anna Telephone No.

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.: **32, 33**
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
PCT Rule 39.1(iv) – methods for treatment of the human or animal body by surgery and therapy.
2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-25, 30, 31

A device and method for planning a laser therapy procedure in order to produce a structure for bridging the cornea in a pressure-reducing manner.

2. claims: 26-29

A shunt implant for bridging the cornea in a pressure-reducing manner.

3. claims: 34, 35

A bio-adhesive as a fixing agent for a shunt implant.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **1-25, 30, 31**

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/055440

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2014127242	A2	21 August 2014	CN	105431096	A	23 March 2016
				EP	2956070	A2	23 December 2015
				JP	6403695	B2	10 October 2018
				JP	2016510251	A	07 April 2016
				US	2016143778	A1	26 May 2016
				WO	2014127242	A2	21 August 2014
US	2007156079	A1	05 July 2007	CA	2621993	A1	29 March 2007
				EP	1924306	A2	28 May 2008
				JP	2009508584	A	05 March 2009
				US	2007156079	A1	05 July 2007
				WO	2007035356	A2	29 March 2007
WO	2015136520	A1	17 September 2015	EP	3116458	A1	18 January 2017
				US	2017071791	A1	16 March 2017
				WO	2015136520	A1	17 September 2015
WO	2018049246	A1	15 March 2018	AU	2017322492	A1	21 March 2019
				CA	3035242	A1	15 March 2018
				EP	3509688	A1	17 July 2019
				SG	11201901714Q	A	28 March 2019
				US	2018207029	A1	26 July 2018
				WO	2018049246	A1	15 March 2018
US	2005043722	A1	24 February 2005	NONE			
US	7192412	B1	20 March 2007	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. A61F9/007 A61F9/008
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 A61F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2014/127242 A2 (PROCEPT BIOROBOTICS CORP [US]) 21. August 2014 (2014-08-21)	1-5, 8-19, 21-25, 30,31
Y	Absätze [0013] - [0017], [0026], [0204], [0227], [0351] - [0362]; Ansprüche 19,25-27,30; Abbildung 21	6,7,20
A	US 2007/156079 A1 (BROWN J D [US]) 5. Juli 2007 (2007-07-05) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 1	1-25,30, 31
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Juni 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/08/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kajzar, Anna

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2015/136520 A1 (TEL HASHOMER MEDICAL RES INFRASTRUCTURE & SERVICES LTD [IL]) 17. September 2015 (2015-09-17)	6,7,20
A	Anspruch 15	1-5, 8-19, 21-25, 30,31
X,P	----- WO 2018/049246 A1 (ALEYEGN TECH LLC [US]; SAMPLES JOHN RANDALL [US]) 15. März 2018 (2018-03-15) Absätze [0256], [0261], [0306], [0324] - [0329], [0340] - [0356], [0385], [0386]; Abbildungen 8,14-21	1,16,30
A	----- US 2005/043722 A1 (LIN J T [US]) 24. Februar 2005 (2005-02-24) Ansprüche 1-3,11	1-25,30, 31
A	----- US 7 192 412 B1 (ZHOU JIANBO [US] ET AL) 20. März 2007 (2007-03-20) Abbildungen 3,19	1-25,30, 31

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr. 32, 33
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
Regel 39.1 iv) PCT - Verfahren zur chirurgischen und therapeutischen
Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers
2. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-25, 30, 31

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-25, 30, 31

eine Vorrichtung sowie Verfahren zur Planung von einem einer Lasertherapie-Prozedur um eine Struktur zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea zu erzeugen

2. Ansprüche: 26-29

ein Shunt-Implantat zur drucksenkenden Überbrückung der Kornea

3. Ansprüche: 34, 35

eine Bioadhäsive als Fixierung eines Shunt-Implantats

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/055440

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014127242 A2	21-08-2014	CN 105431096 A	23-03-2016
		EP 2956070 A2	23-12-2015
		JP 6403695 B2	10-10-2018
		JP 2016510251 A	07-04-2016
		US 2016143778 A1	26-05-2016
		WO 2014127242 A2	21-08-2014

US 2007156079 A1	05-07-2007	CA 2621993 A1	29-03-2007
		EP 1924306 A2	28-05-2008
		JP 2009508584 A	05-03-2009
		US 2007156079 A1	05-07-2007
		WO 2007035356 A2	29-03-2007

WO 2015136520 A1	17-09-2015	EP 3116458 A1	18-01-2017
		US 2017071791 A1	16-03-2017
		WO 2015136520 A1	17-09-2015

WO 2018049246 A1	15-03-2018	AU 2017322492 A1	21-03-2019
		CA 3035242 A1	15-03-2018
		EP 3509688 A1	17-07-2019
		SG 11201901714Q A	28-03-2019
		US 2018207029 A1	26-07-2018
		WO 2018049246 A1	15-03-2018

US 2005043722 A1	24-02-2005	KEINE	

US 7192412 B1	20-03-2007	KEINE	
