

(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
8. November 2012 (08.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/150279 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G02C 7/02 (2006.01) A61B 3/10 (2006.01)
A61B 3/107 (2006.01) A61F 2/16 (2006.01)
A61B 3/103 (2006.01) A61B 3/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/058068

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Mai 2012 (03.05.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 075 149.1 3. Mai 2011 (03.05.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CARL ZEISS MEDITEC AG** [DE/DE];
Göschwitzer Str. 51-52, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BECKER, Ronald**
[DE/DE]; Siefertstraße 2, 14467 Potsdam (DE).
GERLACH, Mario [DE/DE]; Janow-Podlaski-Straße 31,
16540 Hohen Neuendorf (DE). **MÜLLER, Stephanie**
[DE/DE]; Fehrbelliner Straße 74a, 16816 Neuruppin (DE).

OSTBURG, Eileen [DE/DE]; Werrastr. 12, 16515
Oranienburg (DE).

(74) Anwalt: **LECHNER, Armin**; Hofstetter, Schurack &
Partner, Patent- und Rechtsanwaltskanzlei, Partnerschaft,
Balanstraße 57, 81541 München (DE).

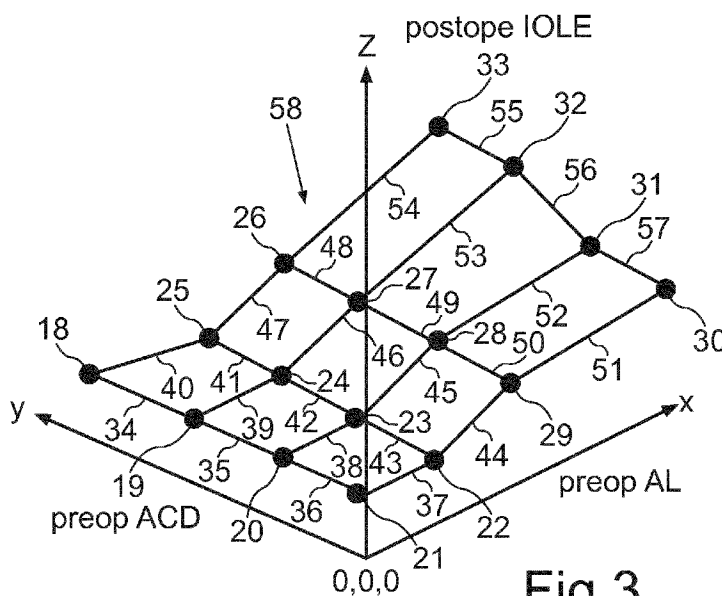
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PREOPERATIVELY PREDICTING A POSTOPERATIVE HORIZONTAL DEPTH OF
AN INTRAOCULAR LENS IN AN EYE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR PRÄOPERATIVEN VORHERSAGE EINER
POSTOPERATIVEN HORIZONTALEN TIEFENLAGE EINER INTRAOKULARLINSE IN EINEM AUGE



(57) Abstract: The invention relates to a method
and a device for preoperatively predicting a
postoperative horizontal depth (postope IOLE,
postope IOLE*) of an intraocular lens (14, 14')
in a patient's eye (1). Parameter values are provided,
said parameters including a first parameter as the
depth (preopACD) of an anterior chamber (7) of
human eyes, a second parameter as a horizontal
length (preopAL) of human eyes, and a third
parameter as a postoperative position of
intraocular lenses in human eyes. Specific triplets
of values are selected from said values as main
interpolation nodes (18 to 33), each triplet of
values comprising a value for each of the three
aforementioned parameters, and the main
interpolation nodes (18 to 33) are entered into a
three-dimensional coordinate system that is
spanned by the three parameters. The main
interpolation nodes (18 to 33) are connected by
edge connecting lines (34 to 57), and a predictive
network (58) that is unevenly formed in the
three-dimensional coordinate system is generated
at least using the positions of the edge connecting
lines (34 to 57) in order to predict the
postoperative horizontal depth (postopeIOLE,
postopeIOLE*) of the intraocular lens (14, 14') in

the patient's eye (1).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/150279 A1



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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur präoperativen Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage (postope IOLE, postope IOLE*) einer Intraokularlinse (14, 14') in einem Patientenauge (1), bei welchem Werte von Parametern bereitgestellt werden, wobei die Parameter einen ersten Parameter als Tiefe (preopACD) einer vorderen Augenkammer (7) von Humanaugen, einen zweiten Parameter als horizontale Länge (preopAL) von Humanaugen und einen dritten Parameter als postoperative Lage von Intraokularlinsen in Humanaugen umfassen, wobei aus diesen Werten spezifische Wertetripel mit jeweils einem Wert der drei genannten Parameter als Haupt-Stützstellen (18 bis 33) ausgewählt werden und die Haupt-Stützstellen (18 bis 33) in ein durch die drei Parameter aufgespanntes dreidimensionales Koordinatensystem eingetragen werden, wobei Haupt-Stützstellen (18 bis 33) durch Rand-Verbindungsgeraden (34 bis 57) verbunden werden und zumindest durch die Lagen der Rand-Verbindungsgeraden (34 bis 57) ein im dreidimensionalen Koordinatensystem uneben geformtes Vorhersagenetz (58) zur Vorhersage der postoperativen horizontalen Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*) der Intraokularlinse (14, 14') im Patientenauge (1) erzeugt wird.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur präoperativen Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse in einem Auge

Technisches Gebiet

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur präoperativen Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse in einem Patientenauge, bei welchem Werte von Parametern bereitgestellt werden, wobei die Parameter einen ersten Parameter als Tiefe einer vor-
- 10 deren Augenkammer von Humanaugen, einen zweiten Parameter als horizontale Länge von Humanaugen und einen dritten Parameter als postoperative Lage von Intraokularlinsen in Humanaugen umfassen. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.

Stand der Technik

- 15 Es ist bekannt, dass in einem menschlichen oder tierischen Auge die natürliche Linse entfernt werden kann, insbesondere durch Phakoemulsifikation, und durch eine künstliche Intraokularlinse (IOL) ersetzt werden kann. Die eingesetzte bzw. implantierte Intraokularlinse muss
- 20 ortsspezifisch jedoch sehr präzise angebracht werden, um die gewünschten optischen Abbildungseigenschaften zu erzielen und den zu korrigierenden Sehfehler des Auges

- 2 -

bestmöglich kompensieren zu können. Intraokularlinsen sind dabei in unterschiedlichsten Ausgestaltungen bekannt. Sie weisen üblicherweise einen optischen Teil und daran anschließend einen oder mehrere haptische Teile
5 auf. Mit den haptischen Teilen wird die Intraokularlinse im Auge positionell gehalten.

Um die Korrektur des Sehfehlers bestmöglich durch die Intraokularlinse durchführen zu können, ist diese im Hinblick auf den zu korrigierenden Sehfehler und die Stärke
10 des Sehfehlers positionell und formspezifisch sowie im Hinblick auf die Brechkraft entsprechend auszugestalten.

Dabei ist es bekannt, dass eine entsprechende Intraokularlinse durch Simulation modelliert wird und dann hergestellt und in das Auge implantiert wird.

15 Aufgrund der Vielzahl von unterschiedlichen Augen im Hinblick auf die Ausgestaltung und Ausmaße, beispielsweise der vorderen Augenkammer, der hinteren Augenkammer, des Kapselsacks, der Dicke der Hornhaut, der Krümmung der Hornhaut, der horizontalen Länge des Auges etc., kann in
20 Verbindung mit dem jeweiligen Sehfehler des spezifischen Auges und der Stärke dieses Sehfehlers eine äußerst hohe Anzahl von unterschiedlichen Situationen entstehen, die hohe Anforderungen an die Modellierung und Herstellung einer Intraokularlinse stellen.

25 Zur Modellierung derartiger Intraokularlinsen im Hinblick auf die Bestimmung der Brechkraft der Linse sind unterschiedliche Herangehensweisen und Ansätze bekannt. Zum einen sind dort spezifische Augenmodelle hinterlegt, zum anderen werden unterschiedliche Annahmen und Modellrechnungen zugrundegelegt.
30

Wesentlich ist es für derartige Vorhersagen und Modellierungen, die genaue Lage der Intraokularlinse im zu behandelnden Auge zu kennen, um dann auf dem Weg der simulativen Modellierung die Form und/oder die Brechkraft der benötigten Intraokularlinse exakt bestimmen zu können und auf Basis dieser Modellierung dann die benötigte Intraokularlinse herstellen zu können. Insbesondere ist es dabei dann auch wesentlich, dass die vorhergesagte postoperative Lage der Intraokularlinse im Auge für die Modellierung der Brechkraft der Linse dann nachfolgend auch bestmöglich mit der postoperativen Lage im Auge nach der Implantation übereinstimmt. Nur dann kann der zu korrigierende Sehfehler mit der Intraokularlinse bestmöglich behoben werden.

Die Berechnung der Brechkraft der Linse kann auf Basis unterschiedlicher Ansätze und Berechnungsalgorithmen erfolgen. Wie bereits oben erwähnt, ist dazu wesentlicher Einflussfaktor die Vorhersage und Annahme der postoperativen Lage der Intraokularlinse im Auge. Eine Abweichung dieser vorhergesagten horizontalen Tiefenlage der Intraokularlinse von der dann tatsächlich vorhandenen Tiefenlage der Intraokularlinse im Auge nach der Operation ist ein wesentlicher Haupteinflussfaktor dafür, ob das Operationsergebnis und die daraus resultierende Sehfähigkeit des Auges als erfolgreich beurteilt werden kann oder nicht.

Zur Bestimmung einer ELP (Estimated Lens Position) als postoperativer Vorhersagewert sind verschiedene Ansätze bekannt. Beispielsweise seien hier Ansätze nach der SRK-Methode, Ansätze und Berechnungsweisen nach Binkhorst, nach Shammass, nach Holladay oder nach Haigis genannt.

Diese Aufzählung ist nicht abschließend und es sind auch darüber hinaus weitere Modellberechnungen bekannt.

Bei einigen Modellen wird dabei in vereinfachter Weise ein dreidimensionales Koordinatensystem, welches durch
5 die Parameter der präoperativen Tiefe der vorderen Augenkammer eines Auges, der horizontalen Länge eines Auges und einer postoperativen horizontalen Lage der Intraokularlinse im Auge erzeugt wird, zu Grunde gelegt. In diesem dreidimensionalen Koordinatensystem, beispielsweise
10 bei dem Ansatz von Haigis, wird dann eine vollständige Ebene erzeugt. Diese in dem dreidimensionalen Raum angeordnete Ebene ermöglicht dann, abhängig von den präoperativen Werten der Kammertiefe und der Augenlänge den postoperativen Wert der Lage der Intraokularlinse im Auge
15 vorherzusagen. Aufgrund der starken Vereinfachungen und Annahmen liefern diese Ansätze zu ungenaue Vorhersagen. Diese wirken sich dann einerseits auf die Modellierung zur Bestimmung der Brechkraft der Linse aus, was sich dann wiederum verstärkt negativ auf die tatsächliche Korrekturwirkung der modellierten und hergestellten Intraokularlinse im natürlichen Auge auswirkt. Wird zunächst
20 bei der Modellierung somit die vorhergesagte postoperative horizontale Tiefenlage der Intraokularlinse zu ungenau gemacht, hat dies einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis des Sehvermögens nach der Implantation.
25

Aus der US 5,282,852 ist ein Verfahren zur Berechnung der Brechkraft einer Intraokularlinse bekannt. Darüber hinaus ist aus der US 2009/0251664 A1 ebenfalls ein Verfahren sowie ein System zur Bestimmung der Brechkraft einer Intraokularlinse bekannt.
30

Darüber hinaus ist aus der DE 696 30 544 T2 ein Verfahren zum präoperativen Auswählen einer Intraokularlinse, die in ein Auge implantiert werden soll, bekannt.

Darstellung der Erfindung

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren
5 und eine Vorrichtung zu schaffen, mit welchem die Vorhersage einer postoperativen Tiefenlage einer Intraokularlinse im Auge verbessert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß den unabhängigen Ansprüchen aufgelöst.

10 Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur präoperativen Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse in einem ersten zu behandelnden Auge bzw. einem Patientenauge, in dem die natürliche Linse durch eine Intraokularlinse ersetzt werden soll, werden
15 den Werte von Parametern bereitgestellt, wobei die Parameter einen ersten Parameter als Tiefe einer vorderen Augenkammer von Humanaugen, einen zweiten Parameter als horizontale Länge von Humanaugen und einen dritten Parameter als postoperative Lage von Intraokularlinsen in Humanaugen umfassen. Aus diesen Werten werden spezifische Wertetripel mit jeweils einem Wert der drei genannten Parameter als Haupt-Stützstellen ausgewählt und die Haupt-Stützstellen werden in ein durch die drei Parameter aufgespanntes dreidimensionales Koordinatensystem eingetragen.
20 Die Haupt-Stützstellen werden durch Rand-Verbindungsgeraden verbunden und zumindest durch die Lagen der Rand-Verbindungsgeraden wird ein im dreidimensionalen Koordinatensystem uneben geformtes Vorhersagenetz
25

- 6 -

zur Vorhersage der postoperativen horizontale Tiefenlage der Intraokularlinse im Patientenauge erzeugt. Die Human-
augen sind nicht das Patientenauge.

- 5 Zumindest durch die Lagen der Rand-Verbindungsgeraden wird ein im dreidimensionalen Koordinatensystem uneben geformtes und simulativ gebildetes Vorhersagenetz erzeugt, wobei auf Basis dieses Vorhersagenetzes eine Vorhersage der postoperativen Tiefenlage der Intraokularlinse im ersten Auge erfolgt.

Insbesondere abhängig von den gemessenen Parametern des Patientenauges, insbesondere der Tiefe der vorderen Augenkammer und der Länge des Patientenauges, und von dem Vorhersagenetz wird die postoperative horizontale Tiefenlage bestimmt und als Information bereitgestellt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird somit ermöglicht, dass vor dem chirurgischen Eingriff am Patientenauge zur Implantation einer Intraokularlinse simulativ vorhergesagt werden kann, wo die Intraokularlinse nach dem Implantieren im Patientenauge positionell im Hinblick auf die horizontale Tiefenlage angeordnet sein wird. Durch die spezifische Vorgehensweise einer Erzeugung von Haupt-Stützstellen und insbesondere die ganz spezifische Verbindung dieser Stützstellen durch Rand-Verbindungsgeraden wird in besonderer Vorteilhaftigkeit ein unebenes Vorhersagenetz erzeugt. Mit diesem kann die Präzision der Vorhersage dieser postoperativen horizontalen Tiefenlage wesentlich verbessert werden. Da diese postoperative horizontale Tiefenlage auch wesentlicher und entscheidender Einflussparameter für die Berechnung und Modellierung der Intraokularlinse im Hinblick auf die

- 7 -

erforderliche Brechkraft ist, kann gerade im Zusammen-
spiel mit der präziseren Vorhersage dieser postoperativen
horizontalen Tiefenlage auch die Modellierung der Linse
im Hinblick auf ihre Form und ihre Brechkraft präzisiert
5 werden. In Kombination dieser beiden präziser modellier-
baren und vorhersagbaren Parameter kann somit dann auch
im nachfolgenden operativen Eingriff eine bestmögliche
Korrektur des Sehfehlers durch die Intraokularlinse er-
zielt werden. Unerwünschte Abweichungen von der präopera-
10 tiven Vorhersage der postoperativen horizontalen Tiefen-
lage und der dann nachfolgend tatsächlichen horizontalen
Tiefenlage der Intraokularlinse im Auge nach dem chirur-
gischen Eingriff können dadurch vermieden werden.

Durch die ganz spezifische Gestaltung des Vorhersagenet-
15 zes mit der ganz spezifischen Form im Hinblick auf eine
unebene Formgebung im dreidimensionalen Raum kann den un-
terschiedlichsten Augenausgestaltungen und den damit ver-
bundenen unterschiedlichsten Anforderungen im Hinblick
auf die Bestimmung dieser Tiefenlage verbessert Rechnung
20 getragen werden. Insbesondere unübliche oder nicht gängi-
ge Ausgestaltungen von Patientenaugen im Hinblick auf die
genannten Parameter der Tiefe der vorderen Augenkammer
und der Länge des Auges können dadurch wesentlich besser
berücksichtigt werden. Insbesondere bei diesbezüglich mit
25 geringerer Häufigkeit auftretenden Augenformen und Ausma-
ßen kann somit die Vorhersage einer postoperativen hori-
zontalen Tiefenlage wesentlich präzisiert werden. Dadurch
kann auch im Nachfolgenden die erforderliche Modellierung
der Intraokularlinse im Hinblick auf ihre Brechkraft ver-
30 bessert und präzisiert werden und somit insbesondere für

derartig eher selten vorkommende Augen das Ergebnis eines chirurgischen Eingriffs wesentlich verbessert werden.

Insbesondere bezeichnet der Parameter der horizontalen Tiefenlage der Intraokularlinse im Patientenauge die
5 Wegstrecke auf der horizontalen optischen Hauptachse des Auges zwischen der Hornhaut, insbesondere der Vorderseite der Hornhaut, und der vertikalen Mittenebene bzw. der vertikalen Äquatorebene, nachfolgend als vertikaler Äquator bezeichnet, der Intraokularlinse im Auge.

10 Es kann vorgesehen sein, dass Werte der anderen Humanaugen, die die Datenbasis für die Erzeugung und Auswahl der Wertetripel als Haupt-Stützstellen darstellen, gemessen werden. Es kann vorgesehen sein, dass dabei bei den anderen Humanaugen Werte von Tiefen von vorderen Augenkammern
15 und Werte von horizontalen Längen dieser anderen Humanaugen gemessen werden. Insbesondere wird dann nach dem chirurgischen Eingriff an diesen anderen Humanaugen postoperativ der Wert von Tiefenlagen von implantierten Intraokularlinsen gemessen. Insbesondere wird hier der Wert
20 bis zur Vorderfläche der Linse gemessen. Dadurch kann eine sehr große und umfängliche Datenbasis generiert werden.

Insbesondere wird zu diesem Wert dazu dann die Hälfte der Dicke der bekannten eingesetzten IOL addiert, um einen
25 zur horizontalen Tiefenlage vergleichbaren Wert zu erhalten. Dadurch wird die Genauigkeit nochmals erhöht.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass Werte, die die Datenbasis für die Haupt-Stützstellen bilden, teilweise gemessen und teilweise geschätzt werden. Insbesondere wird
30 vorgesehen, dass die Werte für die Vorderkammertiefe der

anderen Humanaugen, die die Datenbasis bilden, gemessen werden. Insbesondere werden Werte für die Länge der anderen Augen, die die Datenbasis bilden, gemessen. Vorzugsweise werden Werte von postoperativen Tiefenlagen der Intraokularlinsen von Humanaugen, die die Datenbasis für die Haupt-Stützstellen bilden, geschätzt und/oder berechnet. Insbesondere können diese Werte auch an den anderen Humanaugen gemessen werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass alle Werte der Haupt-Stützstellen geschätzt und/oder berechnet werden. Der Aufwand für ein Messen entfällt dann.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn abhängig davon, welche Haupt-Stützstelle gebildet werden sollen, dann geschätzte und/oder gemessene und/oder berechnete Werte für den Parameter der Vorderkammertiefe berücksichtigt werden. Die Genauigkeit des Vorhersagenetzes wird dadurch erhöht.

Insbesondere kann durch redundante Wertbildung, insbesondere durch unterschiedliche Art einer Wertbildung, die Genauigkeit erhöht und eine Plausibilitätsprüfung erfolgen.

Vorzugsweise werden für Haupt-Stützstellen, welche randseitig das Vorhersagenetz begrenzen, sowohl geschätzte als auch gemessene Werte der horizontalen Tiefenlage berücksichtigt.

Die Auswahl von Haupt-Stützstellen kann somit in vielfältiger und variabler Weise erfolgen, sodass auch hier eine große Flexibilität erreicht ist. Dadurch kann auch die Erzeugung der Rand-Verbindungsgeraden und das resultie-

- 10 -

rende Vorhersagenetz in vielfältiger Weise gestaltet und angepasst werden.

Durch diese Variabilität und Flexibilität kann den jeweiligen individuellen Situationen Rechnung getragen werden und eine sehr dynamische Vorgehensweise bei der Erstellung von Informationen für die präoperative Vorhersage dieser Tiefenlage erreicht werden.

Das Vorhersagenetz ist ein definiert und individuell erzeugtes Gebilde als Aussageskelett für die zu bestimmende Tiefenlage der Intraokularlinse. Sie stellt daher ein darstellbares Hilfswerkzeug dar, anhand dem die Vorhersage der Tiefenlage nachvollziehbar und besonders präzise ermöglicht ist. Die Skelettform wird durch ganz definiert festgelegte und gebildete Stützpunkte charakterisiert. Diese werden darüber hinaus mit definierten geometrischen Elementen, nämlich Geraden, verbunden. Im Hinblick auf Aussagepräzision und Bestimmungsaufwand hat dies besondere Vorteile.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass die präoperativ vorherzusagende postoperative Tiefenlage der Intraokularlinse im Patientenauge abhängig von zumindest einer zur Erzeugung des Vorhersagenetzes beitragenden Verbindungsgeraden bestimmt wird. Dies ist besonders vorteilhaft, da dadurch die Aussage über die postoperative horizontale Tiefenlage präzisiert werden kann. Dies dahingehend, da durch das Vorhersagenetz bereits ein Konstrukt aufgespannt ist, das durch die unebene Formgebung den unterschiedlichen Augenmaßen und Werten besonders Rechnung trägt und sich entsprechend annähert, wobei dann durch die beitragenden Verbindungsgeraden eine besonders aussa-

gekräftigte Bestimmung ermöglicht ist. Dies, da durch die Verbindungsgeraden das Vorhersagenetz quasi aufgespannt wird und diese Verbindungsgeraden somit quasi von vornherein die Haupteinflussfaktoren für die Berechnung zur präoperativen Vorhersage der Tiefenlage darstellen.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass das Vorhersagenetz aus einer Mehrzahl von Teilmaschen erzeugt wird, die somit insbesondere Teilnetze darstellen.

Die Haupt-Stützstellen werden vorzugsweise so gewählt, dass sie jeweils Eckpunkte zumindest einer Teilmasche sind. Durch eine derartige Ausgestaltung des Vorhersagenetzes kann die unebene Formgebung im Hinblick auf eine präzisere Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse abhängig von dem Vorhersagenetz präzisiert werden. Indem die Haupt-Stützstellen die Eckpunkte der Teilmaschen darstellen, kann die Spezifizierung der Form der Teilmaschen, die Größe und Lage im dreidimensionalen Koordinatensystem individuell festgelegt werden. Die Vorhersagepräzision lässt sich dadurch nochmals steigern, da die Teilmaschenbestimmung auch wiederum sehr variabel und flexibel erfolgen kann und sehr situationsangepasst festgelegt werden kann. Indem die Stützstellen die Eckpunkte von Teilmaschen darstellen kann gerade im Zusammenhang mit der Vorgehensweise, dass diese Haupt-Stützstellen durch Rand-Verbindungsgeraden verbunden werden, die Vorgehensweise bei der Berechnung der postoperativen Tiefenlage exakter erfolgen. Die Zuordnung von berechneten Werten zu spezifizierten Teilmaschen, die dann auch im Hinblick auf andere Teilmaschen des Vorhersagenetzes lagemäßig und/oder größenmäßig identifiziert werden können, ist dann einfa-

- 12 -

cher und aufwandsärmer möglich. Dennoch ist die Aussage-
präzision nicht beeinträchtigt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Teilmaschen des
Vorhersagenetzes als Rechtecke aufgespannt werden. Indem
5 alle Teilmaschen die gleiche Formgebung haben und somit
vier Eckpunkte aufweisen, die durch jeweils vier Haupt-
Stützstellen gebildet werden, kann ein vollständig zusam-
menhängendes Vorhersagenetz konstruiert werden. Gerade
Rechtecke ermöglichen dabei, Rand-Verbindungsgeraden ein-
10 fach zu erzeugen und im Hinblick auf eine Projektion in
eine Ebene diese parallel verlaufen zu lassen. Die weite-
re Berechnung für eine präoperative Vorhersage der Tie-
fenlage der Intraokularlinse ist dadurch besonders ein-
fach und aufwandsarm und dennoch äußerst präzise möglich.

15 Vorzugsweise wird vorgesehen, dass die Teilmaschen des
sich dreidimensional ausbildenden flächigen Vorhersage-
netzes in eine Projektionsebene bzw. Koordinatenebene
übertragen werden, wobei die Koordinatenebene durch die
senkrecht zueinander stehenden Koordinatenachsen für die
20 Parameter der Tiefe von vorderen Augenkammern und der
Länge von Augen aufgespannt wird.

Insbesondere wird dann in der Koordinatenebene eine Ras-
terung durchgeführt, wobei dazu die Teilmaschen des Vor-
hersagenetzes als Quadranten dieser Rasterung zugrunde
25 gelegt werden.

Zur Vorhersage der Tiefenlage werden dann Messwerte des
Patienten Auges im Hinblick auf die Tiefe der vorderen Au-
genkammer des Patienten Auges und der Länge des Patienten-
Auges mit den Werten der Quadranten verglichen und daraus
30 bestimmt, in welchem Quadranten das Patientenauge klassi-

fiziert wird. Insbesondere wird abhängig von den Rand-Verbindungsgeraden diese Quadranten dann die vorherzugesagte Tiefenlage der Intraokularlinse im Auge bestimmt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Rechtecke so in das Koordinatensystem eingebracht werden, dass die Rand-Verbindungsgeraden zwischen jeweils zwei Eckpunkten in einer Teilmasche bei einer Projektion der Rand-Verbindungsgeraden in die Koordinatenebene, welche durch die senkrecht zueinander stehenden Koordinatenachsen für die Parameter der Tiefe von vorderen Augenkammern und der Länge von Augen aufgespannt wird, parallel zu den Koordinatenachsen verlaufen. Dies ist besonders hervorzuheben, da dadurch ein sehr differenziertes und aussagekräftiges Vorhersagenetz gebildet werden kann. Die Abdeckung von sehr vielen unterschiedlichen Wertepaarkombinationen bezüglich der Parameter der Tiefe von vorderen Augenkammern und der Länge von Augen kann dadurch abgedeckt werden. Nicht zuletzt kann durch eine derartige spezifische Lageanordnung der Rand-Verbindungsgeraden die Berechnung der postoperativen Lage der Intraokularlinse und somit den Wert des dritten Parameters in diesem dreidimensionalen Koordinatensystem sehr vereinfacht und im Aufwand reduziert werden. Die Bestimmung der präoperativen Vorhersage kann dadurch auch sehr schnell erfolgen. Dies hat insbesondere wesentliche Vorteile auf den Rechenaufwand einerseits und die schnell bereitzustellenden Informationen andererseits.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass die Hauptstützstellen so ausgewählt werden, dass die Längen der in die Koordinatenebene projizierten Rand-Verbindungsgeraden der Teilflächen in der Koordinatenebene in Richtung der ersten

Koordinatenachse gleich erzeugt werden. Dadurch kann eine ganz spezifische Segmentierung bzw. Quadrantenbildung erfolgen.

Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, dass auf der ersten
5 Koordinatenachse als Parameter die Tiefe der vorderen Augenkammer aufgetragen ist. Gerade für diesen Parameter lassen sich dann gleich lange Teilmaschen erzeugen, so dass die jeweils darunter fallenden bzw. umfassten tatsächlich gemessenen Werte von Augen auch entsprechend
10 eingruppiert werden können. Indem im Hinblick auf diese Koordinatenachse die Längen gleichgesetzt werden, kann auch bezüglich der verfügbaren Anzahl von bereits vorliegenden Daten der anderen Humanaugen eine Aussage über die Häufigkeit von derartigen Werten in den jeweiligen Quad-
15 ranten ermöglicht werden.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Längen der in die Koordinatenebene projizierten Rand-Verbindungsgeraden der Teilflächen in der Koordinatenebene in Richtung der ersten Koordinatenachse unterschiedlich erzeugt werden. Da-
20 mit kann in besonders vorteilhafter Weise eine den jeweils für die einzelnen Häufigkeiten der vorliegenden Werte angepasste Längendimensionierung ermöglicht werden. Die Aussagepräzision kann dadurch gesteigert werden, da gerade dann, wenn eine Vielzahl von Werten für einen ganz
25 spezifischen Quadrantenbereich vorliegen, eine entsprechende Längengestaltung noch genauer erfolgen kann.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass zumindest drei derartige Teillängen entlang der ersten Koordinatenachse gebil-
det werden, sodass zumindest entlang dieser Koordinaten-
30 achse vier Haupt-Stützstellen gebildet sind. Vorzugsweise

ist dabei vorgesehen, dass die erste Haupt-Stützstelle bei einem Wert der Tiefe der vorderen Augenkammer bei 1,50 mm liegt. Vorzugsweise liegt eine zweite Haupt-Stützstelle bei einem gleichen Wert der Länge des Auges wie die erste Haupt-Stützstelle bei einem Wert 2,90 mm bezüglich der Tiefe der vorderen Augenkammer. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass eine dritte Haupt-Stützstelle bei einem gleichen Wert der Länge des Auges wie die beiden ersten Haupt-Stützstellen bei einem Wert 3,40 mm bezüglich der Tiefe der vorderen Augenkammer liegt. Insbesondere ist vorgesehen, dass eine vierte Haupt-Stützstelle beim gleichen Wert der Länge des Auges, wie ihn die drei ersten Haupt-Stützstellen aufweisen, bei einem Wert von 6,00 mm bezüglich der Tiefe der vorderen Augenkammer liegt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Längen der in die Koordinatenebene projizierten Rand-Verbindungsgeraden von zumindest zwei Teilmaschen in der Koordinatenebene in Richtung der zweiten Koordinatenachse unterschiedlich erzeugt werden. Insbesondere ist auf der zweiten Koordinatenachse als Parameter die Länge des Auges aufgetragen. Im Hinblick auf die unterschiedliche Längengestaltung ergeben sich die analogen Vorteile, wie sie bereits oben zur unterschiedlichen Längengestaltung der Teilmaschen in Richtung der ersten Koordinatenachse genannt wurden.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass auch entlang der zweiten Koordinatenachse eine Mehrzahl von weiteren Haupt-Stützstellen aufgetragen ist, die allesamt auf dem gleichen Wert des Parameters bezüglich der Tiefe der vorderen Augenkammer beruhen. Sie variieren somit lediglich im Hinblick auf den Wert der Länge eines Auges. Die diesbe-

züglich getroffenen Aussagen beziehen sich allesamt auf die Situation, wenn die Haupt-Stützstellen und die Rand-Verbindungsgeraden in die Koordinatenebene projiziert werden, die durch die beiden Koordinatenachsen aufgespannt wird, auf denen einerseits die Tiefe der vorderen Augenkammer und andererseits die Länge des Auges aufgetragen ist.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass die bereits oben genannte erste Haupt-Stützstelle bezüglich ihres Werts in Richtung der zweiten Koordinatenachse bei einem Wert 15,00 mm angeordnet ist. Insbesondere ist eine weitere Haupt-Stützstelle bei einem Wert 22,50 mm bezüglich der Länge des Auges angeordnet. Eine weitere Haupt-Stützstelle ist insbesondere bei einem Wert 25,00 mm der Länge des Auges aufgetragen und eine weitere Haupt-Stützstelle ist bei einem Wert 40,00 mm der Länge des Auges aufgetragen.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass die Länge einer in die Koordinatenebene projizierten Rand-Verbindungsgeraden in Richtung zumindest einer Koordinatenachse abhängig von der Anzahl der vorhandenen präoperativen Werte des auf dieser Koordinatenachse aufgetragenen Parameters erzeugt wird.

Insbesondere wird vorgesehen, dass diese Länge umso kleiner gewählt wird, je größer die Anzahl der präoperativen Werte ist. Die Vorhersagegenauigkeit lässt sich dadurch verbessern.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass das Vorhersagenetz matrixartig aufgebaut wird und mit zumindest neun Teilma-

schen erzeugt wird. Insbesondere wird zumindest eine 3x3-Matrix erzeugt.

Vorzugsweise wird abhängig von dem Wertepaar der Tiefe der vorderen Augenkammer und der Länge des Patientenau-
5 ges, welche Werte gemessen werden, diejenige Teilmasche des Vorhersagenetzes ausgewählt, durch welche das Wertepaar in den Koordinatenachsen umfasst wird.

Im Hinblick auf die Bestimmung der Werte der postoperativen horizontalen Tiefenlagen der Intraokularlinsen in den
10 anderen Humanaugen werden einerseits Messungen berücksichtigt. Zusätzlich oder anstatt dazu können für diese Werte der Haupt-Stützstellen in dieser dritten Raumrichtung Berechnungen oder Schätzungen von Werten berücksichtigt werden. Dadurch kann ein Vergleich und eine präzise-
15 re Bestimmung dieser Werte erfolgen, so dass auch die Haupt-Stützstellen bereits sehr genau sind und eine sehr präzise Position einnehmen. Dadurch wird auch die Präzision bezüglich der Lage der Rand-Verbindungsgeraden verbessert, was sich wiederum auf die Präzision der unebenen
20 Formgebung des Vorhersagenetzes auswirkt, um dann abhängig davon eine besonders präzise präoperative Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage der Intraokularlinse im Patientenauge, welches das nachfolgend chirurgisch zu behandelnde Auge darstellt, gewährleisten
25 zu können. Durch die Schaffung der Möglichkeit einer uneben im Raum sich gestaltenden Vorhersagefläche auf Basis des uneben ausgestalteten Vorhersagenetzes können sehr individuell gestaltete Freiformen dieses Vorhersagenetzes resultieren, was jedoch exakt der präoperativen Aussage
30 über die Lage der Intraokularlinse im Patientenauge positiv zugute kommt.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass für den Wert der Tiefe der vorderen Augenkammer des Patientenauges eine erste zur Erzeugung des Vorhersagenetzes beitragende Zwischen-Verbindungsgerade abhängig von den Werten der Rand-Verbindungsgeraden der ausgewählten Teilmasche an der Stelle des Werts der Tiefe der vorderen Augenkammer bestimmt wird. Zusätzlich oder anstatt dazu kann auch vorgesehen sein, dass für den Wert der Länge des Patientenauges eine zweite zur Erzeugung eines Vorhersagenetzes beitragende Zwischen-Verbindungsgerade abhängig von den Werten der Rand-Verbindungsgeraden der ausgewählten Teilfläche an der Stelle des Werts der Länge des Patientenauges bestimmt wird. Es wird also ermöglicht, dass dann, wenn spezifisch gemessene Werte des Patientenauges bezüglich der Tiefe der vorderen Augenkammer und der Länge des Auges, die dann nicht explizit auf einer Hauptstützstelle, wie sie ausgewählt wurden, liegen, dennoch im Weiteren eine sehr präzise präoperative Vorhersage der horizontalen Tiefenlage der Intraokularlinse im Patientenaugenauge durch entsprechende Berechnung erfolgen kann.

Indem die Rand-Verbindungsgeraden durch exakte lineare Gleichungen beschrieben werden können und diese insbesondere bei einer Projektion in die Koordinatenebene aufgespannt durch die oben genannten Parameter der Tiefe der vorderen Augenkammer und der Länge des Auges jeweils parallel dann zu den jeweiligen Koordinatenachsen verlaufen, kann sehr präzise dann auch die Berechnung der horizontalen Tiefenlage des Patientenauges erfolgen. So kann nämlich nach Feststellung, in welchem Quadranten bzw. durch welche Teilmasche die gemessenen Werte des Patientenauges erfasst werden, dann auch ganz spezifisch auf

die diese Teilmasche einrahmenden Rand-Verbindungsgeraden zurückgegriffen werden, die bereits vorab durch Verbindung der entsprechenden Haupt-Stützstellen ermittelt wurden. Werden dort in diese Rand-Verbindungsgeraden dann die gemessenen Werte der Tiefe der vorderen Augenkammer des Patientenauges und der Länge des Patientenauges eingesetzt, so können auf den Rand-Verbindungsgeraden jeweils spezifische Zwischenwerte für die Tiefenlage der Intraokularlinse bestimmt werden. Da insbesondere bei einer Erzeugung einer Teilfläche in Form eines Rechtecks bei Projektion in die Koordinatenebene aufgespannt durch die Parameter der Tiefe der vorderen Augenkammer und der Länge des Auges jeweils zwei gegenüberliegende Rand-Verbindungsgeraden vorliegen, entstehen bei dem konkreten Einsetzen der bekannten gemessenen Werte der Tiefe der vorderen Augenkammer des Patientenauges und der Länge des Patientenauges jeweils wiederum zwei Zwischen-Stützstellen auf den jeweiligen Rand-Verbindungsgeraden, die dann wiederum individuell zur Erzeugung der Zwischen-Verbindungsgeraden verbunden werden können.

Vorzugsweise ergeben sich dann für alle gemessenen Wertepaare der Tiefe der vorderen Augenkammer des Patientenauges und der Länge des Patientenauges entsprechende Werte für eine postoperative horizontale Tiefenlage eine Intraokularlinse in dem Patientenauge, die sich dann aus zumindest einer Zwischen-Verbindungsgeraden berechnen lässt.

Es kann dabei vorgesehen sein, dass die Teilmaschen zwischen den Rand-Verbindungsgeraden und dazu die gebildeten Teilflächen eben ausgebildet sind und geneigt im Raum orientiert sind. Bei einer derartigen Ausgestaltung reicht

- 20 -

es dann aus, dass quasi nur in eine Richtung und somit nur in eine Koordinatenachsenrichtung eine Zwischen-Verbindungsgerade erzeugt wird. Dies, da an dem Punkt des Wertepaares aus der Tiefe der vorderen Augenkammer des Patientenauges und der Länge des Patientenauges der Wert der horizontalen Tiefenlage allein aus dieser Geraden berechnet werden kann und gleich dem berechneten Wert ist, der sich durch eine in die zweite Koordinatenrichtung erzeugte weitere Zwischen-Verbindungsgeraden ergibt. Dies da sich aufgrund der eben ausgebildeten Teilfläche sich dies beiden Zwischen-Verbindungsgeraden genau an dem Punkt des vorherzusagenden horizontalen Tiefenlagenwerts schneiden.

Sind die Rand-Verbindungsgeraden so orientiert, dass sich zwischen ihnen eine Teilmasche mit unebener Teilfläche aufspannt, so kann durch oben erläuterte Vorgehensweise mit nur einer Zwischen-Verbindungsgeraden eine Ungenauigkeit in der Vorhersage auftreten. Da gerade durch die unebene Ausgestaltung des Vorhersagenetzes und auch der jeweiligen Teilmaschen zwei Zwischen-Verbindungsgeraden sich üblicherweise bezüglich des Werts der horizontalen Tiefenlage der Intraokularlinse im Patientenauge bei dem Wertepaar aus gemessener Tiefe der vorderen Augenkammer des Patientenauges und gemessener Länge des Patientenauges nicht schneiden, kann diesbezüglich im Weiteren ein weiteres Entscheidungsszenario berücksichtigt werden, um die präoperative Vorhersage zu verbessern.

Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass an der Stelle des Wertepaares der Tiefe der vorderen Augenkammer und der Länge des Patientenauges die berechneten Werte der postoperativen Tiefenlage der Intraokularlinse im Pa-

tientenauge aus den beiden Zwischen-Verbindungsgeraden verglichen werden und abhängig von einer auftretenden Differenz der Werte der Wert der postoperativen Tiefenlage der Intraokularlinse im Patientenauge bestimmt wird.

5 Dabei können unterschiedliche Vorgehensweisen vorgesehen sein. Die Bestimmung kann dabei einerseits von der Größe der Differenz abhängig sein. Zusätzlich oder anstatt dazu kann jedoch auch vorgesehen sein, dass bei Auftreten einer derartigen Differenz die weitere Bestimmung abhängig

10 von dem Quadranten bzw. der Teilmasche im Vorhersagenetz erfolgt, dem das Wertepaar zugeordnet war bzw. von dem das Wertepaar umfasst war. Es kann dies abhängig von der Lage der Teilmasche in dem Vorhersagenetz und/oder abhängig von der Größe der Teilmasche im Vergleich zu anderen

15 Teilmaschen und/oder im Vergleich zum Vorhersagenetz erfolgen.

Insbesondere ist vorgesehen, dass zur weiteren Bestimmung eine Mittelung des Differenzwerts durchgeführt wird, wobei insbesondere vorgesehen ist, dass der Differenzwert

20 halbiert wird. Dieser so gemittelte Wert kann dann insbesondere dem kleineren der durch die Zwischen-Geraden berechneten Wert der postoperativ vorhergesagten horizontalen Tiefenlage hinzuaddiert werden.

Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass dieser gemittelte Differenzwert dann dem größeren der beiden durch

25 die Zwischen-Verbindungsgeraden berechneten Wert der horizontalen Tiefenlage abgezogen wird. Auch diese Addition oder Subtraktion des gemittelten Differenzwerts kann wiederum abhängig davon erfolgen, in welcher Teilmasche sich

30 die Berechnung abspielt bzw. von welcher Teilmasche das gemessene Wertepaar des Patientenauges umfasst wird.

Es kann vorgesehen sein, dass die Anzahl der Haupt-Stützstellen und der Rand-Verbindungsgeraden so groß gewählt wird, dass das Vorhersagenetz eine zusammenhängende Vorhersagefläche bildet, die sich uneben im Raum erstreckt. Insbesondere kann ausgehend von dem Vorhersagenetz eine derartige Vorhersagefläche auch durch Interpolation abhängig von den Haupt-Stützstellen und den Rand-Verbindungsgeraden gebildet werden. Zusätzlich können auch Zwischen-Verbindungsgeraden für die Erzeugung der Vorhersagefläche berücksichtigt werden.

Insbesondere stellt der gemäß obiger Erläuterung ermittelte postoperative Tiefenlagenwert einen Vorhersagepunkt auf der Vorhersagefläche dar.

Es kann somit dann auch vorgesehen sein, dass im Fortgang der Vorhersage eine derartig große Anzahl an postoperativ bestimmten Tiefenlagenwerten vorliegt, dass aus diesen berechneten Tiefenlagenwerten die Vorhersagefläche gebildet wird, sodass dann im Nachgang für weitere Augen anhand der gemessenen Wertepaare für die Tiefe der vorderen Augenkammer und die Länge des Auges bereits aus dieser uneben gewölbten Vorhersagefläche der postoperative Tiefenlagenwert präoperativ vorhergesagt werden kann, ohne dass zusätzlich weitere Berechnungen mit Zwischen- und Verbindungsgeraden erfolgen müssen.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass für die Bestimmung des postoperativen Tiefenlagenwerts der Intraokularlinse im Patientenauge für eine vorgesehene Intraokularlinse mit einer gegenüber der vertikalen geneigten Haptik und/oder für einen spezifischen vorgesehenen Implantationsort der Intraokularlinse im Patientenauge ein erster Korrektur-

faktor berücksichtigt wird. Die Berechnung des postoperativen Tiefenlagenwerts umfasst dann bei dem funktionellen Zusammenhang diesen ersten Korrekturfaktor.

Insbesondere wird ein Korrekturfaktor berücksichtigt, der
 5 abhängig von der Linsenform und/oder des Implantationsorts im Auge variabel bestimmt wird. Dadurch kann die Vorhersagepräzision nochmals erhöht werden. Insbesondere für ganz spezifische Kombinationen von erforderlichen Linsen zur Korrektur von entsprechenden Sehfehlern in
 10 Verbindung mit unterschiedlichsten Ausgestaltungen eines chirurgisch zu behandelnden Auges ermöglicht dann eine noch präzisere Vorhersage der postoperativen Lage, sodass die daran anschließende Modellierung auf Basis dieses präoperativ vorhergesagten Tiefenlagenwerts ebenfalls
 15 sehr präzise ermöglicht wird.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass der erste Korrekturfaktor durch folgenden funktionellen Zusammenhang bestimmt wird:

$$Fak_{kor} = -a + [(Fak_z \cdot b) - c],$$

20 wobei insbesondere a zwischen 1,3 und 1,43 liegt, b zwischen 0,45 und 0,65 und c zwischen 60 und 70, vorzugsweise zwischen 64 und 66 liegt.

Insbesondere gilt folgender Zusammenhang:

$$Fak_{kor} = -1,39329 + [(Fak_z \cdot 0,5663) - 65,60]$$

25 Dabei ist Fak_z ein Zahlenwert, der von dem Linsentyp und/oder dem Ort, an dem die Linse im Auge implantiert

werden soll, abhängig ist. Er kann auch eine Funktion von zumindest einem Linsenparameter sein.

Vorzugsweise ist darüber hinaus vorgesehen, dass die bereitgestellte Datenbasis bezüglich der Werte der Tiefe einer vorderen Augenkammer der anderen Augen kompatibel und einheitlich gestaltet wird. Da es diesbezüglich unterschiedliche Vorgehensweisen gibt, können diese Werte auf Basis unterschiedlicher Annahmen gemessen worden sein. Denn es ist in diesem Zusammenhang möglich, dass diese Tiefe der vorderen Augenkammer, bis zur Epithelschicht der Hornhaut oder bis zur Endothelschicht der Hornhaut gemessen wird. Da die Hornhaut eine durchschnittliche Dicke von 0,50 mm aufweist, sind diese erhaltenen Werte entsprechend anzugleichen, sodass die in der Datenbasis bereitgestellten Werte der anderen Human-
10
15
augen auf gleichen Annahmen bezüglich der Messlänge basieren.

Zur weiteren Vorgehensweise der Berechnung der postoperativen horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse im Patientenauge wird dann auf Basis der gemessenen Werte der Tiefe der vorderen Augenkammer und der Länge des Patientenauges der Quadrant bzw. die Teilmasche des Vorher-
20
sagenetzes ausgewählt, in dem diese gemessenen Werte des Patientenauges bezüglich dieser beiden Parameter umfasst
25
ist.

In einem weiteren Schritt wird dann ausgehend von den bestimmten Rand-Verbindungsgeraden dieser spezifischen Teilmasche, die gemessenen Werte des Patientenauges umfasst, die postoperative horizontale Tiefenlage der In-

traokularlinse im Patientenauge berechnet und kann somit dann präoperativ vorhergesagt werden.

Vorzugsweise wird das Vorhersagenetz und/oder die bestimmte und präoperativ vorhergesagte postoperative horizontale Tiefenlage der Intraokularlinse auf einer Anzeigeeinheit einer Vorrichtung angezeigt. Insbesondere wird die bestimmte und präoperativ vorhergesagte postoperative horizontale Tiefenlage der Intraokularlinse auf einer Anzeigeeinheit einer Vorrichtung als Wert und/oder in einem als Bild dargestellten Auge angezeigt werden. Dazu kann ein symbolisches Schnittbild oder aber auch ein Echtbild vorgesehen sein. Die bestimmte Tiefenlage kann auch als eine Overlay-Information bei einem Bild auf der Anzeigeeinheit angezeigt werden.

Diese Zusammenhänge sind dabei für eine Intraokularlinse gültig, deren Haptik nicht gegenüber der Vertikalen geneigt ist und die in dem Kapselsack des Auges implantiert werden soll. Soll eine Intraokularlinse mit geneigter Haptik im ersten Auge implantiert werden und/oder die Implantation nicht im Kapselsack, sondern in der vorderen Augenkammer oder der Zilliarfurche implantiert werden, so ist die Berechnung unter Berücksichtigung des bereits oben angesprochenen Korrekturfaktors durchzuführen.

Insbesondere wird der Z-Faktor Fak_Z , von dem der erste Korrekturfaktor abhängig ist, mit Werten zwischen 110 und 125 festgelegt.

Insbesondere ist dabei vorgesehen, dass dieser Z-Faktor Fak_Z wertmäßig abhängig vom Typ der Intraokularlinse variiert. Beispielsweise beträgt der Z-Faktor 115,15 für

eine in der vorderen Augenkammer implantierte Intraokularlinse. Er beträgt 115,60 für eine irisfixierte Intraokularlinse. Er beträgt insbesondere 116,05 für eine sulcusfixierte Intraokularlinse, welche plankonvex ist. Er
5 beträgt insbesondere 116,90 für eine sulcusfixierte Intraokularlinse, welche bikonvex geformt ist. Er beträgt insbesondere 117,65 für eine im Kapselsack fixierte Intraokularlinse, welche plankonvex geformt ist. Er beträgt insbesondere 118,30 für eine im Kapselsack fixierte In-
10 traokularlinse, welche bikonvex geformt ist.

Es kann auch vorgesehen sein, dass ein einmal erzeugtes Vorhersagenetz abhängig von nachträglich erhaltenen Informationen über die tatsächliche positionelle Tiefenlage der Intraokularlinse im Patientenauge korrigiert wird und
15 insbesondere entsprechende Haupt-Stützstellen verändert werden. Insbesondere können dann auch die Vorhersagepunkte auf der Vorhersagefläche entsprechend geändert werden, so dass sich die unebene Formgebung anhand von nachträglich gemessenen tatsächlichen Werten des Auges anpassen
20 lässt.

In einer vorteilhaften Ausführung kann vorgesehen sein, dass eine Sortierung unter Berücksichtigung von Radien der Hornhäute von Augen erfolgt. Insbesondere können dann auch mehrere Matrizen als Vorhersagenetze erstellt wer-
25 den. Insbesondere bedeutet dies, dass somit ein Vorhersagenetz für einen ganz spezifischen Radius einer Hornhaut erzeugt wird, wie dies oben anhand der Abläufe dargelegt wurde. Insbesondere kann dann für jeden Radius ein eigenes Vorhersagenetz erstellt werden.

Darüber hinaus können auch weitere Parameter, wie beispielsweise die Dicke der natürlichen Linse eines Auges und/oder das Alter des Patienten oder die ethnische Herkunft berücksichtigt werden. Als weitere biometrische Daten kann neben der Hornhautkrümmung auch die Begrenzung der Augenlider eines Auges, das so genannte WTW (White to White)-Verhältnis berücksichtigt werden.

Insbesondere wird für die Modellierung eines Auges bei der Berechnung der Brechkraft für die Intraokularlinse das Gullstrand-Modell zugrunde gelegt. Es sei explizit darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf ein spezifisches Augenmodell fixiert ist, sondern unabhängig von einem spezifischen Augenmodell eine präoperative Vorhersage möglich ist. Es können als weitere Augenmodelle auch beispielsweise das Liou-Brennan-Modell oder das Holladay-Modell zugrunde gelegt werden. Dies sind nur beispielhafte Nennungen für Modelle, wobei die Aufzählung nicht abschließend zu verstehen ist.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Modellieren einer Augenlinse, insbesondere einer Intraokularlinse, bei welchem die Form und/oder Brechkraft der Augenlinse bestimmt werden und dazu eine postoperative horizontale Tiefenlage der Augenlinse in dem Patientenauge, in dem die Augenlinse implantiert werden soll, berücksichtigt wird, wobei diese Tiefenlage durch ein oben erläutertes Verfahren gemäß der Erfindung oder einer vorteilhaften Ausführung davon bestimmt bzw. vorhergesagt wird. Die zu implantierende Augenlinse wird dann anhand der Modellierung präoperativ ausgewählt.

- Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung bzw. ein System zur präoperativen Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse in einem Patientenauge, welches zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens oder einer vorteilhaften Ausgestaltung davon ausgebildet ist. Das System beziehungsweise die Vorrichtung umfasst dazu zumindest eine Prozessoreinheit und ein computerlesbares Speichermedium, welches zur Kommunikation mit dem Prozessor ausgebildet ist.
- 10 Insbesondere ist vorgesehen, dass das System beziehungsweise die Vorrichtung einen Speicher aufweist, in dem eine Vielzahl von Werten betreffend die Tiefen der vorderen Augenkammer von anderen Humanaugen, Werte der horizontalen Längen dieser anderen Humanaugen und Werte von postoperativen Tiefenlagen von Intraokularlinsen in diesen anderen Humanaugen gespeichert sind. Der Speicher kann Bestandteil des Systems und der Vorrichtung sein, kann jedoch auch ein externer Speicher sein, der mit dem System beziehungsweise der Vorrichtung koppelbar ist.
- 20 Das System umfasst darüber hinaus eine Mehrzahl von Instruktionssequenzen, die zur Verarbeitung mit dem Prozessor vorgesehen sind. Diese Instruktionen sind so aufgebaut, dass der Prozessor dahingehend gesteuert wird, dass er aus Werten spezifischer Wertetripel dieser oben genannten Parameter Haupt-Stützstellen auswählt und bildet. Vorzugsweise werden die Haupt-Stützstellen jedoch nutzerdefiniert vorgegeben. Darüber hinaus sind die Instruktionen dahingehend ausgelegt, dass diese Haupt-Stützstellen von dem Prozessor in ein dreidimensionales Koordinatensystem eingetragen werden, wobei dieses Koordinatensystem an den drei Koordinatenachsen durch die Parameter betref-
- 25
- 30

- 29 -

fend die Tiefe einer vorderen Augenkammer, die Länge eines Auges und die postoperative horizontale Tiefenlage der Intraokularlinse aufgespannt ist.

Darüber hinaus sind diese Instruktionssequenzen so ausgebildet, dass der Prozessor dahingehend gesteuert ist, dass Haupt-Stützstellen durch Rand-Verbindungsgeraden verbunden werden. Diese Rand-Verbindungsgeraden werden abhängig von den Haupt-Stützstellen durch den Prozessor und die hinterlegten Instruktionssequenzen berechnet.

10 Durch die Haupt-Stützstellen und die Rand-Verbindungsgeraden ist dann ein im dreidimensionalen Koordinatensystem uneben geformtes und insbesondere simulativ gebildetes Vorhersagenetz ausgebildet, welches zur Vorhersage der postoperativen horizontalen Tiefenlage der
15 Intraokularlinse im Patientenauge erzeugt ist.

Insbesondere ist das System mit weiteren Instruktionssequenzen ausgebildet, die dann ausgehend von eingegebenen gemessenen Werten der Tiefe der vorderen Augenkammer und der Länge des Patientenauges abhängig von dem Vorhersagenetz und insbesondere von einer oder mehreren Rand-
20 Verbindungsgeraden und Zwischenverbindungsgeraden eine postoperative horizontale Tiefenlage der Intraokularlinse im Patientenauge bestimmt, insbesondere berechnet.

Dafür sind weitere Instruktionssequenzen vorgesehen, mittels denen der Prozessor dahingehend steuerbar ist, dass er abhängig von diesen eingegebenen und gemessenen Werten des Patientenauges Zwischen-Verbindungsgeraden auf Basis und abhängig von den Rand-Verbindungsgeraden einer spezifischen Teilmasche beziehungsweise eines spezifischen
30 Quadranten des Vorhersagenetzes berechnet und abhängig

- 30 -

davon dann den präoperativ vorherzusagenden postoperativen horizontalen Tiefenlagenwert der Intraokularlinse im Patientenauge bestimmt, insbesondere berechnet.

Vorzugsweise sind weitere Instruktionssequenzen vorgesehen, die zur Abarbeitung der Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens oder in vorteilhafter Ausgestaltung davon ausgebildet sind.

Vorzugsweise umfasst das System auch abgelegte Tabellen über Verbindungsgeraden und spezifische Aufteilungen von Quadranten beziehungsweise Teilmaschen des Vorhersagenetzes.

Das System ist insbesondere auch dazu ausgebildet, dass es abhängig von der präoperativ vorhergesagten postoperativen horizontalen Tiefenlage der Intraokularlinse in einem zu betrachtenden Patientenauge, bei dem die natürliche Linse entfernt und durch eine Intraokularlinse ersetzt wird, eine Bestimmung, insbesondere Berechnung, der Brechkraft und/oder der Linsenform durchführen kann.

Insbesondere abhängig von dieser modellierten Berechnung der Intraokularlinse wird diese dann hergestellt und im Weiteren dann in das Patientenauge implantiert.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die oben angegebenen Formeln und Zusammenhänge in einem Speicher des Systems abgelegt sind.

Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass der Z-Faktor Fak_z nicht als konkreter statischer Wert vorgegeben ist, sondern dass dieser eine Funktion eines Parameters der Intraokularlinse, insbesondere des Parameters der Brech-

kraft, ist. Vorzugsweise ist hier eine lineare Funktion zugrunde gelegt.

Insbesondere ist vorgesehen, dass bezüglich des Parameters einer postoperativen horizontalen Tiefenlage einer
5 Intraokularlinse der horizontale Weg, beziehungsweise die horizontale Strecke zwischen der Außenseite der Hornhaut und dem Äquator beziehungsweise der vertikalen Mittelebene der Intraokularlinse bezeichnet ist. Prinzipiell kann jedoch auch eine anderweitige Definition zugrunde gelegt
10 werden, wobei dann im Hinblick auf die Kompatibilität und die Vergleichbarkeit der Werte entsprechende Korrekturfaktoren berücksichtigt werden müssen. Dies betrifft insbesondere Ausgestaltungen, bei denen dieser Parameter nicht von der Vorderseite der Hornhaut sondern von der
15 Rückseite der Hornhaut ab betrachtet wird. Ebenso ist dies entsprechend zu korrigieren, wenn dieser Parameter der horizontalen Tiefenlage sich dahingehend bemisst, dass er nicht bis zum Äquator der Linse sondern nur bis zur Vorderseite der Linse charakterisiert ist.

20 Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass auch der Parameter der Tiefe einer vorderen Augenkammer definitionsgemäß unterschiedlich festgelegt werden kann. Theoretisch betrachtet ist die Tiefe der vorderen Augenkammer, von der Rückfläche der Hornhaut des Auges bis zur Vorderfläche
25 der Iris definiert. Zwischen diesen beiden Grenzflächen befindet sich die vordere Augenkammer. Zwischen der Rückfläche der Iris und dem Glaskörper des Auges befindet sich die hintere Augenkammer. Messtechnisch kann die vordere Augenkammer mittels Ultraschall sowie mit Licht,
30 beispielsweise Laserinterferometrie, vermessen werden. Beide Verfahren unterscheiden sich geringfügig. Zum einen

in der physikalischen Art der Anwendung sowie im Messergebnis. Beiden Verfahren gleich ist die Bemessung der Strecke von einer Grenzfläche zur nächsten Grenzfläche. Eine Grenzfläche wird umso genauer definiert, je größer
5 die Unterschiede zwischen den beiden Medien hinsichtlich Licht- und Schallgeschwindigkeit sind. Es kann also von der vorderen Hornhautfläche oder auch von der hinteren Hornhautfläche und somit von der Vorderseite beziehungsweise der Rückseite der Hornhaut gemessen werden. Der Unterschied der Grenzmedien ist jedoch an der Vorderseite
10 der Hornhaut am größten. Demnach ist das Auffinden der Grenzfläche am exaktesten an der Vorderseite der Hornhaut.

Eine präoperativ gemessene Tiefe der vorderen Augenkammer
15 kann somit definitionsgemäß dahingehend wegmäßig festgesetzt werden, dass sie von der Vorderseite der Hornhaut bis zur Vorderseite der natürlichen Augenlinse bemessen wird. Dies ist beispielsweise bei dem von der Anmelderin bekannten System IOL-Master vorgesehen.

Auch hier kann jedoch eine anderweitige Definition zugrunde gelegt werden und die Messung von der Rückfläche der Hornhaut bis zur Vorderseite der natürlichen Linse erfolgen. Wird dann noch die Dicke der Hornhaut gemessen, kann wiederum ein kompatibler Wertevergleich zwischen den
25 beiden möglichen Definitionen hergestellt werden. Erfahrungsgemäß kann als sehr guter Mittelwert eine Hornhautdicke von 0,5 mm angenommen werden.

Analog kann die postoperativ gemessene Tiefe der vorderen Augenkammer von der Vorderseite der Hornhaut bis zur Vorderseite der künstlichen Augenlinse und somit der Intra-
30

okularlinse definiert werden. Auch hier kann jedoch auch definitionsgemäß von der Rückseite der Hornhaut bis zur Vorderseite der künstlichen Augenlinse gemessen werden.

Bezüglich der bereits oben angegebenen Erläuterungen ist
5 für den Parameter der postoperativen horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse in einem ersten Auge, der präoperativ vorhergesagt werden soll, eine Wegstrecke auf der horizontalen Hauptlinie des Auges vorgesehen, die sich von der Vorderseite der Hornhaut bis zur vertikalen
10 Mittenebene und somit zum Äquator der Intraokularlinse erstreckt. Dies ist dann insbesondere auch der Äquator und somit die vertikale Mittenebene des Kapselsackes. Wird eine Intraokularlinse vorgesehen, die eine nicht gewinkelte Haptik aufweist, so fallen die Haptikenden mit
15 dem Äquator der Intraokularlinse zusammen. Insbesondere dann, wenn die Intraokularlinse auch noch eine bisymmetrisch verteilte Brechkraft aufweist, entspricht der durch das Verfahren vorhergesagte postoperative horizontale Tiefenlagenwert der Intraokularlinse im ersten Auge
20 der Entfernung der vorderen Hornhautfläche zur Mitte der Intraokularlinse.

Wie bereits oben ebenfalls erläutert, ist ein erster Korrekturfaktor vorzusehen, wenn die Haptik der Intraokularlinse angewinkelt ist und/oder die Intraokularlinse nicht
25 im Kapselsack implantiert werden soll. Insbesondere ist dann auch ein Korrekturfaktor zu verwenden, wenn die Brechkraft der vorgesehenen Intraokularlinse auf beiden Krümmungsflächen asymmetrisch ist. In derartigen Ausgestaltungen ist die Position des vertikalen Äquators der
30 Intraokularlinse anzupassen, was mit dem bereits oben erläuterten Z-Faktor Fak_z erfolgt.

Wird insbesondere bei der Vorgehensweise zur präoperativen Vorhersage der postoperativen horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse im Auge davon ausgegangen, dass der vertikale Äquator der natürlichen Linse sich immer an
5 einer bestimmten Stelle befindet, und diese Position unabhängig vom zu implantierenden Typ oder Modell einer Intraokularlinse ist, kann diese Stelle auch im voraus berechnet werden, was insbesondere anhand von Messwerten der Augenlänge, der Vorderkammertiefe, der Krümmung der
10 Hornhaut, der Dicke der natürlichen Linse und gegebenenfalls noch weiteren Parametern erfolgen kann.

Für die grundsätzliche Ausgangslage zur Vorhersage dieser horizontalen Tiefenlage wird davon ausgegangen, dass die Linse eine nicht gewinkelte Haptik aufweist und im Kapselsack implantiert wird, sodass dann der vertikale Äqua-
15 tor bzw. die vertikale Äquatorebene der Intraokularlinse quasi mit der Hauptebene zusammenfällt, so befindet sich die Hauptebene der Intraokularlinse an der gleichen Position wie der Äquator des Kapselsacks.

20 Entsprechende Korrekturen bei der zu berechnenden präoperativen Vorhersage im Hinblick auf angewinkelte Haptik und/oder Implantationen an einer anderen Stelle als dem Kapselsack und/oder asymmetrisch verteilte Brechkraft der Vorder- und der Rückseite der Intraokularlinse, lässt
25 sich bezüglich der präoperativen Vorhersage dieser Tiefenlage durch die genannten Korrekturfaktoren abbilden.

Die Erfindung betrifft darüber hinaus auch ein Computerprogrammprodukt, auf dem Instruktionssequenzen zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens oder einer vor-

teilhaften Ausgestaltung davon abgelegt, insbesondere gespeichert sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnung(en)

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:
5

Fig. 1 einen Vertikalschnitt durch ein Auge, indem spezifische Parameter, die zur präoperativen Vorhersage benötigt werden, dargestellt sind;

10 Fig. 2 eine vergrößerte Vertikalschnittsdarstellung eines Auges mit einer implantierten Intraokularlinse und der Darstellung des Parameters der postoperativen horizontalen Tiefenlage postoperativ der Intraokularlinse mit ungewinkelten Haptiken im Auge;

15 Fig. 3 eine schematische Darstellung eines dreidimensionalen Koordinatensystems mit einem beispielhaften Vorhersagenetz;

20 Fig. 4 eine Projektionsdarstellung des Vorhersagenetzes gemäß Fig. 3 in eine Ebene, die durch die Koordinatenachsen aufgespannt ist, auf denen die Parameter der Tiefe der vorderen Augenkammer und der Länge eines Auges aufgetragen sind;

25 Fig. 5 eine beispielhafte Darstellung eines uneben im Raum geformten Vorhersagenetzes mit der Einzeichnung von Zwischen-Verbindungsgeraden;

Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines dreidimensionalen Koordinatensystems mit einem uneben geformten Vorhersagenetz;

Fig. 7 eine vergrößerte Vertikalschnittdarstellung eines Auges mit einer implantierten Intraokularlinse und der Darstellung des Parameters der postoperativen horizontalen Tiefenlage postoperI-OLE* der Intraokularlinse mit gewinkelten Haptiken im Auge;

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

10 In den Figuren werden gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 ist in einer schematischen Vertikalschnittdarstellung ein erstes Auge bzw. Patientenauge 1 gezeigt, welches einen zu korrigierenden Sehfehler aufweist. In
15 einem chirurgischen Eingriff ist vorgesehen, eine natürliche Linse 2, die in einem Kapselsack 3 angeordnet ist, zu entfernen. Es soll dann eine künstliche Augenlinse in Form einer Intraokularlinse eingesetzt beziehungsweise implantiert werden. Das Auge 1 weist eine Hornhaut 4 auf,
20 die eine Vorderseite 5 und eine Rückseite 6 hat. Anschließend an die Hornhaut 4 ist eine vordere Augenkammer 7 ausgebildet.

Darüber hinaus ist die Iris 8 des Auges 1 eingezeichnet.

Die natürliche Linse 2 weist ebenfalls eine Vorderseite 9
25 auf, die somit der Hornhaut 4 zugewandt ist.

- 37 -

Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass entlang einer horizontalen Mittellinie 10 und somit der optischen Hauptachse 10 des Auges 1 der Parameter der horizontalen Tiefe der vorderen Augenkammer 7 bemessen ist.
5 Dieser Parameter wird nachfolgend als preopACD bezeichnet.

Er bemisst sich im Ausführungsbeispiel auf der optischen Achse 10 des Auges 1 von der Vorderseite 5 der Hornhaut 4 bis zur Vorderseite 9 der natürlichen Linse 2. Er wird
10 durch bereits oben erwähnte Verfahren gemessen.

Darüber hinaus wird auch ein Wert des Parameters der horizontalen Länge des Auges 1 bestimmt. Dieser Parameter wird als preopAL bezeichnet und bemisst sich ebenfalls entlang der optischen Achse 10. Er erstreckt sich im Ausführungsbeispiel von der Vorderseite 5 der Hornhaut 4 bis
15 zur Netzhaut 11 des Auges 1. Auch dieser Wert wird für das Patientenauge 1 präoperativ gemessen.

Darüber hinaus ist in der Darstellung gemäß Fig. 1 eine vertikale Mittenebene, auch als vertikaler Äquator 12 (Äquatorebene) bezeichnet, des Kapselsacks 3 dargestellt.
20

Um nun den Sehfehler dieses Patienten Auges 1 bestmöglich zu korrigieren ist es erforderlich, die Position und die Ausgestaltung der zu implantierenden Intraokularlinse präoperativ bestmöglich vorhersagen und modellieren zu
25 können.

Zur präoperativen Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage einer zu implantierenden Intraokularlinse in diesem Auge 1 wird nachfolgend die entsprechende Vorgehensweise zur Vorhersage näher erläutert.

Dazu wird zunächst eine Vorrichtung beziehungsweise ein System bereitgestellt, welches eine Recheneinheit mit zumindest einem Prozessor und einer Speichereinheit aufweist. Mittels einer Eingabeeinheit können die gemessenen
5 Werte der Parameter preopACD und preopAL des Auges 1 eingegeben werden.

In der Vorrichtung ist eine Mehrzahl von Instruktionssequenzen abgelegt, die beispielsweise auf einem Computerprogrammprodukt in Form eines Speichermediums abgelegt
10 sein können. In der Vorrichtung ist eine Kommunikation zwischen dem Prozessor und dem Speichermedium gegeben, sodass entsprechend steuerbar ist, welche Instruktionssequenzen der Prozessor auswählen und abarbeiten soll und auf welcher Basis der eingegebenen und abgelegten Werte
15 eine Berechnung zur präoperativen Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse in dem Auge 1 erfolgen soll.

In der Vorrichtung sind in einem Datenspeicher eine Vielzahl von Werten abgelegt, die Werte von dem Parameter
20 preopACD und somit der Tiefe der vorderen Augenkammern von anderen Humanaugen und Werte des Parameters preopAL und somit von horizontalen Längen dieser anderen Humanaugen umfassen. Darüber hinaus sind in diesem Datenspeicher auch postoperativ gemessene Werte eines dritten Parameters,
25 nämlich der postoperativen Tiefenlage von Intraokularlinsen in diesen anderen Humanaugen abgespeichert. Insbesondere sind jedoch geschätzte Werte der postoperativen horizontalen Tiefenlage von Intraokularlinsen bereitgestellt. Die Werte der anderen Humanaugen, die als
30 Datenbasis zur weiteren Vorgehensweise bei der präoperativen Vorhersage der postoperativen horizontalen Tiefen-

- 39 -

lage eine Intraokularlinse im Patientenauge 1 herangezogen werden, werden somit gesammelt und abgespeichert und insbesondere auch stetig aktualisiert.

Es kann auch vorgesehen sein, dass Werte, insbesondere
5 alle, geschätzt und/oder berechnet sind.

Im Hinblick auf den Parameter der horizontalen Tiefenlage einer Intraokularlinse, der gemäß der Darstellung in Fig. 2 mit postopeIOLE bezeichnet wird, bemisst sich dieser im Ausführungsbeispiel von der Vorderseite 5 der Hornhaut 4
10 bis zu einer vertikalen Mittenebene 13, auch als vertikaler Äquator oder Hauptebene bezeichnet, der Intraokularlinse 14.

Gemäß der Darstellung in Fig. 2 ist die modellhafte Darstellung des Auges 1 gezeigt, sodass dies auch insbesondere
15 simulativ modelliert gezeigt ist.

Insbesondere kann bei der präoperativen Vorhersagebestimmung des Tiefenlagenwerts und somit des Werts des Parameters postopeIOLE eine Berücksichtigung von weiteren biometrischen Parametern des Auges 1 erfolgen. Als biometrische Parameter können hierbei die Krümmung der Hornhaut
20 4, die Dicke der natürlichen Linse 2 entlang der optischen Achse 10 gemessen und das WTW-Verhältnis berücksichtigt werden. Das WTW-Verhältnis bemisst sich dabei in vertikaler Richtung zwischen den Anlagepunkten der Auglider 15 und 16 an dem Auge 1.
25

Zur weiteren Erläuterung der Vorgehensweise zur präoperativen Vorhersage des Wertes für den Parameter postopeIOLE für das Ausführungsbeispiel in Fig. 2 wird dann ausgehend von der zur Verfügung gestellten Datenbasis von einer

Vielzahl von anderen Humanaugen eine Auswahl von Haupt-Stützstellen durchgeführt. Dabei werden auf Basis der zur Verfügung stehenden Werte für die drei genannten Parameter preopACD und preopAL sowie für die anderen Augen
5 postoperativ gemessene Werte von horizontalen Tiefenlagen einer Intraokularlinse Wertetripel gebildet.

Insbesondere werden die Haupt-Stützstellen auf Basis von geschätzten Werten der Parameter und/oder von gemessenen Werten dieser Parameter an anderen Humanaugen als dem Pa-
10 tientenaugen gebildet, insbesondere nutzerausgewählt gebildet. Wann geschätzte und/oder wann gemessene Werte berücksichtigt werden hängt von der jeweils zu generierenden Haupt-Stützstelle ab, insbesondere deren Lage von den anderen Haupt-Stützstellen ab. Insbesondere werden die
15 Werte der Vorderkammertiefe und die Werte der Augenlänge der anderen Augen nur gemessen.

Wie auch in der Darstellung gemäß Fig. 2 beispielhaft eingezeichnet, bemisst sich dieser postoperativ gemessene Wert der Zwischenlage, der als Parameter durch postopACD
20 bezeichnet ist, zwischen der Vorderseite 5 der Hornhaut 4 und der Vorderseite 17 der Intraokularlinse 14.

Es ist zu erwähnen, dass die Darstellung in Fig. 2 eine bereits implantierte IOL zeigt, um die einzelnen Parameter darstellen und erläutern zu können. Natürlich ist die
25 IOL im Auge 1 noch nicht implantiert, wenn das erfindungsgemäße Verfahren zur präoperativen Vorhersage der postoperativen horizontalen Tiefenlage durchgeführt wird.

Im Hinblick auf die bereitgestellte und abgespeicherte Datenbasis dieser Wertetripel von den anderen Humanaugen
30 ist zunächst auch noch abzugleichen, ob diese erhaltenen

Werte auch kompatibel sind und auf gleicher Annahme der Weglängendefinitionen begründen. Wie bereits oben angesprochen, können diesbezüglich unterschiedliche Definitionen zugrunde liegen, und die Kompatibilität ist dahingehend herzustellen, dass gegebenenfalls auch noch die Dicke der Hornhaut 4, insbesondere entlang der optischen Achse 10 berücksichtigt wird.

Die Datenbasis ist somit dann dahingehend bereitzustellen, dass die Werte, insbesondere alle Werte auf der gleichen Definitionsgrundlage für die Parameter preopACD, preopAL und postopeIOLE bereitstehen.

Wie bereits angesprochen, wird dann aus spezifischen Wertetripeln eine Mehrzahl von Hauptstützstellen gebildet, die dann in ein dreidimensionales Koordinatensystem eingezeichnet werden.

Dies ist in Fig. 3 dargestellt, wobei dabei auf der x-Achse der Parameter preopAL, auf der y-Achse der Parameter preopACD und auf der z-Achse der Parameter postopeIOLE aufgetragen ist. Die Koordinatenachsen stehen senkrecht aufeinander.

Aus den ausgewählten Wertetripeln werden dann die bereits angesprochenen Stützstellen in dieses dreidimensionale Koordinatensystem eingezeichnet. Im Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass 16 Haupt-Stützstellen 18 bis 33 eingezeichnet werden.

Diese Haupt-Stützstellen 18 bis 33 sind im Ausführungsbeispiel so gewählt, dass sie jeweils Eckpunkte von rechteckigen Teilflächen darstellen, wenn diese in die x-

y-Ebene projiziert werden. Dies ist in der Darstellung gemäß Fig. 4 gezeigt.

Die Haupt-Stützstellen 18 bis 33 werden dann durch Rand-Verbindungsgeraden verbunden. Diese Rand-Verbindungsgeraden werden berechnet, wobei dabei jeweils die benachbarten Haupt-Stützstellen berücksichtigt werden, so dass aus zwei benachbarten Haupt-Stützstellen eine Rand-Verbindungsgerade aufgrund einer linearen Gleichung berechnet wird. So werden Rand-Verbindungsgeraden 34 bis 57 gebildet. Dadurch entsteht das in Fig. 3 eingezeichnete im dreidimensionalen Raum uneben geformte Vorhersagenetz 58.

Aus der nachfolgenden Tabelle 1 sind beispielhafte Werte für die Haupt-Stützstellen 18 bis 33 zu entnehmen. Ebenso sind dort die Geradengleichungen für die Rand-Verbindungsgeraden in eine Koordinatenrichtung eingetragen.

Tabelle 1

preop ACD	preop AL	15,00	22,50	22,50	25,00	25,00	40,00
	Z	2,250	3,100	3,100	3,500	3,500	4,50
1,50	2,250	$Z_{RV36}^{x1} = 0,9842857 \cdot ACD + 0,8035714$	$Z_{RV43}^{x2} = 0,7142857 \cdot ACD + 2,0285714$	$Z_{RV43}^{x2} = 0,7142857 \cdot ACD + 2,0285714$	$Z_{RV50}^{x3} = 0,75 \cdot ACD + 2,375$	$Z_{RV50}^{x3} = 0,75 \cdot ACD + 2,375$	
2,90	3,600	$Z_{RV43}^{x2} = 0,7142857 \cdot ACD + 2,0285714$		$Z_{RV50}^{x3} = 0,75 \cdot ACD + 2,375$		$Z_{RV57}^{x4} = 0,2857143 \cdot ACD + 4,0714288$	
2,90	3,600	$Z_{RV35}^{x1} = 0,5 \cdot ACD + 2,15$		$Z_{RV42}^{x2} = 0,49988 \cdot ACD + 2,85348$		$Z_{RV49}^{x3} = 0,0 \cdot ACD + 4,55$	
3,40	3,850	$Z_{RV42}^{x2} = 0,49988 \cdot ACD + 2,650348$		$Z_{RV49}^{x3} = 0,0 \cdot ACD + 4,55$		$Z_{RV56}^{x4} = 0,7 \cdot ACD + 2,87$	
3,40	3,850	$Z_{RV34}^{x1} = 0,8269231 \cdot ACD + 1,0384615$		$Z_{RV41}^{x2} = 0,6346385 \cdot ACD + 2,1921692$		$Z_{RV48}^{x3} = 0,5576923 \cdot ACD + 2,6538462$	
6,00	6,000	$Z_{RV41}^{x2} = 0,6346385 \cdot ACD + 2,1921692$		$Z_{RV48}^{x3} = 0,5576923 \cdot ACD + 2,6538462$		$Z_{RV55}^{x4} = 0,7884615 \cdot ACD + 2,5692308$	

- 44 -

Dabei bezeichnet Z die Funktion der Gleichung für die Rand-Verbindungsgerade (RV) an der Stelle x_i . Z ist dabei eine Funktion von y , wobei y der Parameter preopACD ist. Der Übersichtlichkeit dienend ist Z ohne diese Variable
5 angegeben und in der Gleichung lediglich ACD anstelle von preopACD geschrieben. Beispielhaft sind lediglich die Gleichungen für Geraden angegeben, welche sich in Fig. 4 parallel zur y -Achse erstrecken. Ebenso könnten auch die Gleichungen für die Geraden, die sich in Fig. 4 parallel
10 zur x -Achse erstrecken angegeben werden.

Wie zu erkennen ist, wird das Vorhersagenetz 58 aus einer Mehrzahl von Teilflächen bzw. Teilnetzen aufgespannt, wobei ein Teilnetz aus zumindest einer Teilmasche aus jeweils durch vier benachbart zueinander angeordnete Haupt-
15 Stützstellen 18 bis 33 und den jeweils diese vier Haupt-Stützstellen 18 bis 33 miteinander verbindenden Rand-Verbindungsgeraden 34 bis 57 begrenzt ist. Wie zu erkennen ist, ist das Vorhersagenetz 58 aus der Mehrzahl von direkt miteinander zusammenhängenden und an einander an-
20 grenzenden Teilflächen bzw. Teilnetzen aufgespannt. Werden die Teilnetze flächig betrachtet, so weisen sie unterschiedliche Steigungen und Krümmungen in dem dreidimensionalen Koordinatensystem auf.

Zum Ausführungsbeispiel sind zumindest einige Flächen von
25 Teilmaschen uneben im Raum ausgebildet, was sich durch die Lage der zugehörigen Haupt-Stützstellen ergibt.

Wie aus der Darstellung in Fig. 4 zu erkennen ist, werden die Haupt-Stützstellen 18 bis 33 so ausgewählt, dass sie bei einer Projektion in die x - y -Ebene ein Rechteck auf-
30 spannen. Dazu ist vorgesehen, dass eine Mehrzahl von

Stützstellen, im Ausführungsbeispiel die Stützstellen 18 bis 21, unterschiedliche preopACD-Werte jedoch einen gleichen preopAL-Wert aufweisen. Entsprechendes gilt für die Haupt-Stützstellen 22 bis 25. Diese Haupt-
5 Stützstellen 22 bis 25 sind an einem unterschiedlichen preopAL-Wert ausgewählt, weisen jedoch die gleichen preopACD-Werte wie die Haupt-Stützstellen 18 bis 21 auf. Analog gilt dies auch für die Haupt-Stützstellen 26 bis 29 und 30 bis 33, die ebenfalls jeweils die gleichen
10 preopACD-Werte aufweisen, jedoch an unterschiedlichen preopAL-Werten angeordnet sind.

Wie darüber hinaus aus der Darstellung in Fig. 4 zu erkennen ist, wird beispielsweise durch die Haupt-Stützstellen 20, 21, 22 und 23 ein erster Quadrant Q1
15 rechteckförmig aufgespannt, wobei die Haupt-Stützstellen 20 bis 23 die Eckpunkte dieses Rechtecks darstellen. Dies ist wieder im Hinblick auf die Projektion in die x-y-Ebene zu sehen (Fig. 4).

Die Haupt-Stützstellen 18 bis 33 sind so ausgewählt, dass
20 die Größen der in die x-y-projizierten Teilnetze des Vorhersagenetzes 58 in Form der rechteckigen Quadranten Q1 bis Q9 in ihrer Flächengröße angepasst sind, und zwar an die jeweils in diesen Wertepaaren vorhandene Anzahl von Werten aus der Datenbasis der anderen Humanaugen.

25 Insbesondere ist vorgesehen, dass diese in Fig. 4 in die x-y-Ebene projizierten rechteckigen Quadranten Q1 und Q9 umso kleiner gestaltet sind, je größer die Werteanzahl der zugrundegelegten Datenbasis in diesen Flächenbereichen ist. Dadurch wird die Genauigkeit bei der weiteren
30 Vorhersagebestimmung des postoperativen horizontalen Tie-

fenlagenwerts und somit eines Werts des Parameters postopeIOLE erhöht.

Wie zu erkennen ist, ist im Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass das Vorhersagenetz 58 aus neun Teilnetzen bzw.
5 Teilmaschen aufgespannt ist und somit insbesondere eine 3x3-Matrix erzeugt ist.

Die Anzahl der Teilnetze und somit insbesondere auch der in die x-y-projizierten ebenen Rechteckflächen mit den Quadranten Q1 bis Q9 ist daher lediglich beispielhaft. Es
10 kann auch eine andere Anzahl von derartigen Teilnetzen vorgesehen sein und auch die Ausgestaltung als 3x3-Matrix ist lediglich beispielhaft.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass sich die Haupt-Stützstellen 18 bis 21 an einem Wert von preopAL =
15 15,00 mm befinden. Insbesondere ist im Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass sich die Haupt-Stützstellen 22 bis 25 an einem Wert preopAL = 22,50 mm befinden. Insbesondere befinden sich die Haupt-Stützstellen 26 bis 29 an einem Wert preopAL = 25,00 mm. Des Weiteren befinden sich
20 die Haupt-Stützstellen 30 bis 33 an einem Wert preopAL = 40,00 mm.

Im Ausführungsbeispiel ist darüber hinaus vorgesehen, dass sich die Haupt-Stützstellen 21, 22, 29 und 30 an einem Wert preopACD = 1,50 mm befinden. Des Weiteren ist
25 insbesondere vorgesehen, dass sich die Haupt-Stützstellen 20, 23, 28 und 31 an einem Wert preopACD = 2,90 mm befinden. Darüber hinaus ist vorgesehen, dass sich die Haupt-Stützstellen 19, 24, 27 und 32 an einem Wert preopACD = 3,40 mm befinden. Insbesondere ist darüber hinaus vorge-

sehen, dass sich die Haupt-Stützstellen 18, 25, 26 und 33 an einem Wert $\text{preopACD} = 6,00 \text{ mm}$ befinden.

Aus diesen beispielhaften Werten lassen sich dann auch die Größen der projizierten Rechtecke bezüglich der Quadranten Q1 bis Q9 berechnen und insbesondere auch die Größenverhältnisse relativ zueinander zwischen den Quadranten Q1 und Q9 bestimmen.

Da für jeden der Haupt-Stützstellen 18 bis 33 auch die z-Werte und somit die Werte des Parameters postopeIOLE bekannt sind, kann hier für jede der Rand-Verbindungsgeraden 34 bis 57 eine Geradengleichung aufgestellt werden.

In der Tabelle 1 sind hierbei beispielhaft die oben genannten Werte der Haupt-Stützstellen 18 bis 33 für die Parameter preopACD , preopAL und als z-Wert die Werte des Parameters postopeIOLE eingetragen. Ausgehend davon lassen sich die in der Tabelle 1 dargestellten linearen Geradengleichungen für die Rand-Verbindungsgeraden 34 bis 57 berechnen. In der Tabelle 1 sind der Übersichtlichkeit dienend lediglich die linearen Gleichungen für die Rand-Verbindungsgeraden 34 bis 36, 41 bis 43, 48 bis 50 und 55 bis 57 dargestellt.

Im Hinblick auf die Nomenklatur bedeutet beispielsweise bei der Gleichung Z_{RV36}^{x1} für die Rand-Verbindungsgerade 36 das hochgestellte $x1$, das die Gerade für den konstanten Wert bzw. an der Stelle $x1$ des Parameters preopAL bestimmt wurde, wobei dies bei den beiden Haupt-Stützstellen 20 und 21, zwischen denen sich die Gleichung für die Rand-Verbindungsgeraden 36 erstreckt, bei dem

Wert $x_1 = 15$ ist. Die der Funktion z tiefgestellte Bezeichnung RV36 bezieht sich hierbei auf die Rand-Verbindungsgeraden 36. Diese erstreckt sich zwischen den Haupt-Stützstellen 20 und 21, so dass auch eine Nomenklatur HS 21-20 verwendet werden könnte.

Entsprechende Auslegung und Interpretation ist dann auch für die anderen in der Tabelle angegebenen linearen Gleichungen zu verstehen. Da beispielsweise die lineare Gleichung mit dem hochgestellten Index x_2 und den tiefgestellten Index RV 43 sowohl eine Gleichung für eine Rand-Verbindungsgeraden 43 ist, die zum Quadranten Q1 als auch zum benachbarten und anschließenden Quadranten Q2 zugehörig ist, sind diese Gleichungen in der Tabelle 1 identisch.

Das Vorhersagenetz 58 kann abhängig von der Anzahl der ausgewählten Haupt-Stützstellen und der darauf resultierenden Teilmaschenanzahl beliebig feinmaschiger gestaltet werden.

Ausgehend von dem aufgespannten Vorhersagenetz 58 wird dann im Weiteren gemäß der Darstellung in Fig. 5 eine Berechnung zur präoperativen Vorhersage eines Tiefenlagenwerts für die Parameter postopeIOLE für das erste Auge 1 durchgeführt.

Die in Fig. 3 gezeigte Darstellung des Vorhersagenetzes 58 kann unabhängig von dem ersten Auge erzeugt werden. Vielmehr wird es insbesondere ausschließlich auf gemessenen und/oder berechneten und/oder geschätzten Werten für die Vielzahl von unterschiedlichen anderen Augen und der damit zugrundegelegten Datenbasis erzeugt.

Die zwischen den Rand-Verbindungsgeraden gebildeten Flächen der Teilmaschen des Vorhersagenetzes 58 sind aufgrund der unterschiedlichen Orientierungen der jeweils zugrundegelegten Rand-Verbindungsgeraden, welche im ge-
5 zeigten Ausführungsbeispiel die jeweiligen Begrenzungen der Teilnetze darstellen, unterschiedlich geneigte und orientierte Teilflächen im Raum. Dies kann insbesondere dahingehend verstanden werden, dass die jeweiligen Teilnetze und insbesondere die Rand-Verbindungsgeraden durch
10 entsprechend aufgespannte Teilflächen verbunden werden. Aufgrund der unterschiedlichen Neigungen der Rand-Verbindungsgeraden ist jedoch üblicherweise eine Teilfläche eines Teilnetzes keine Ebene, sondern ebenfalls eine wiederum im dreidimensionalen Raum spezifisch gekrümmte
15 Fläche.

Ausgehend von dem gemäß zu den Fig. 3 und Fig. 4 erläuterten Vorhersagenetz, welches im Ausführungsbeispiel das Vorhersagenetz 58 ist, kann dann im Weiteren für das spezifische zu untersuchende Auge 1 eine präoperative Vor-
20 hersage für den Tiefenlagenwert und somit einen Wert des Parameters postopeIOLE erfolgen.

Dabei wird gemäß der Darstellung in Fig. 5 zunächst das Wertepaar umfassend den präoperativ gemessenen Wert preopACD, welcher in der Darstellung gemäß Fig. 5 den
25 Wert yA1 darstellt, und dem präoperativ gemessenen Wert preopAL des Auges 1, durch den der Wert xA1 gekennzeichnet ist, zugrundegelegt. Abhängig von diesen beiden Werten yA1 und xA1 wird dann derjenige Quadrant Q1 bis Q9 ausgewählt, durch welchen das Wertepaar dieser Parameter
30 des Auges 1 umfasst ist. Beispielhaft ist im Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass das Wertepaar yA1 und xA1 durch

den Quadranten Q1 umfasst ist und somit im Vorhersagenetz
 58 eine weitere Berechnung anhand der Teilmasche, das
 durch die Haupt-Stützstellen 20, 21, 22 und 23 an den
 Eckpunkten begrenzt ist, vorgenommen. Diese Teilmasche
 5 ist durch die Rand-Verbindungsgeraden 36, 37, 38 und 43
 begrenzt.

Ausgehend von diesem Punkt 59 in der x-y-Ebene, der durch
 das Wertepaar y_{A1} und x_{A1} charakterisiert wird, werden
 dann im Weiteren Zwischen-Verbindungsgeraden erzeugt.

10 Diese sind wieder als lineare Gleichungen gegeben.

Dazu wird gemäß den nachfolgenden Formeln 1 und 2, die
 die Verallgemeinerungen der in der vorherigen Tabelle 1
 für spezifische Werte und Ausführungsbeispiele beispiel-
 haft angegebenen Formeln genannt sind, die Berechnung
 15 durchgeführt.

$$Z_{RV\ 36}^{x1}(y) = m_{21|20} y + n_{21|20} \quad (1)$$

$$Z_{RV\ 43}^{x2}(y) = m_{22|23} y + n_{22|23} \quad (2)$$

Die Geradengleichung für die Rand-Verbindungsgerade 36
 20 ergibt sich dabei durch die Formel 1 und die Geradenglei-
 chung für die Rand-Verbindungsgerade 43 ergibt sich durch
 die Formel 2.

In diesen Formeln bezeichnen die Faktoren m mit ihren
 tiefgestellten Indizes jeweils die Steigung zwischen den
 25 beiden Haupt-Stützstellen 20 und 21 einerseits und den
 Haupt-Stützstellen 22 und 23 andererseits. y bezeichnet
 dabei den jeweiligen Wert entlang der y-Achse und charak-

terisiert somit einen Wert für den Parameter preopACD. Die Faktoren n mit ihren tiefgestellten Indizes charakterisieren dabei jeweils, wie es bei mathematischen Geradengleichungen üblich ist, den z-Wert, wenn für den Wert
 5 $y = 0$ eingesetzt wird.

Entsprechend stellen die Formeln 3 und 4 die allgemeinen Geradengleichungen für die Rand-Verbindungsgeraden 37 und 38 dar.

$$Z_{RV37}^{y1}(x) = m_{21|22}x + n_{21|22} \quad (3)$$

$$10 \quad Z_{RV38}^{y2}(x) = m_{20|23}x + n_{20|23} \quad (4)$$

Die Gleichung gemäß Formel 3 ist dabei an dem konstanten y-Wert y_1 und die Geradengleichung gemäß Formel 4 ist an dem konstanten y-Wert y_2 bestimmt. y_1 stellt dabei denjenigen y-Wert der Haupt-Stützstellen 21 und 22 dar, wohin-
 15 gegen y_2 den y-Wert der Haupt-Stützstellen 20 und 23 darstellt.

Ausgehend von diesen vier Formeln wird dann eine erste Zwischen-Verbindungsgerade (ZV) 60 bestimmt. Dies erfolgt gemäß der nachfolgenden Formel 5.

$$20 \quad Z_{ZV60}^{yA1}(x) = \frac{Z_{RV43}^{x2}(yA1) - Z_{RV36}^{x1}(yA1)}{x_2 - x_1} \cdot x + n_{ZV60} \quad (5)$$

Bezüglich der Steigung dieser Geraden wird dabei eine Differenz zwischen den Werten der Formeln 1 und 2 an der Stelle $yA1$ bestimmt und dieser Wert zur Ermittlung der Steigung durch die Differenz der Werte x_2 und x_1 geteilt.
 25 n bezeichnet dabei wieder den z-Wert, wenn in die Formel 5 für den Wert $x = 0$ eingesetzt wird.

Die dann so ermittelte Formel 5 stellt dann die Gleichung für die erste Zwischen-Verbindungsgerade 60 dar. Bei der Projektion dieser Zwischen-Verbindungsgeraden 60 in die x-y-Ebene stellt diese eine Parallele zu den entsprechend in die x-y-Ebene projizierten Rand-Verbindungsgeraden 37' und 38' dar.

Wird in diese Gleichung gemäß Formel 5 dann der gemessene Wert x_{A1} des Auges 1 eingesetzt, so erhält man den z-Wert dieses Auges 1, der dann auch als präoperativer Vorhersagewert für eine postoperative horizontale Tiefenlage postopeIOLE der Intraokularlinse im Auge 1 darstellt.

Zur Verbesserung der präoperativen Vorhersage kann insbesondere zusätzlich vorgesehen sein, dass eine zweite Zwischen-Verbindungsgerade 61 bestimmt wird. Diese wird gemäß der nachfolgenden Formel 6 berechnet, wobei hier wiederum die Steigung, die dann mit y multipliziert wird, analog zur Formel 5 berechnet wird, wobei hier die Differenz der Werte der Formeln 3 und 4 an dem Wert x_{A1} berechnet wird und durch die Differenz der Werte $y_2 - y_1$ dividiert wird.

$$Z_{ZV61}^{x_{A1}}(y) = \frac{Z_{RV38}^{y2}(x_{A1}) - Z_{RV37}^{y1}(x_{A1})}{y_2 - y_1} \cdot y + n_{ZV61} \quad (6)$$

Ausgehend von der Formel 6 kann dann dort durch Einsetzen des Wertes y_{A1} der z-Wert der zweiten Zwischen-Verbindungsgrad 61 bestimmt werden.

Dies ist dahingehend vorteilhaft, da aufgrund der Formgestaltung der dreidimensionalen Teilmasche des Quadranten Q1, die durch die Rand-Verbindungsgeraden 36, 37, 38 und 43 begrenzt ist, sich die beiden Zwischen-

Verbindungsgeraden 60 und 61 an der Stelle xA1 und yA1 nicht schneiden, was bedeutet, dass die daraus resultierenden z-Werte unterschiedlich sind.

Um nun ein bestmögliches und präzises Vorhersageergebnis für den Wert des Parameters postopeIOLE zu erhalten, kann dann abhängig von diesen beiden z-Werten der Zwischen-Verbindungsgeraden 60 und 61 weiterhin unterschiedlich verfahren werden. So kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die Differenz dieser beiden z-Werte gemittelt wird, wobei insbesondere diese Werte dann voneinander abgezogen werden und der Betrag dieser Differenz durch zwei geteilt wird. Insbesondere kann dann vorgesehen sein, dass der gemittelte Differenzwert zu dem kleineren der beiden z-Werte, die sich aus Zwischen-Verbindungsgeraden ergeben, addiert wird. Ebenso kann jedoch auch vorgesehen sein, dass dieser gemittelte Differenzwert von dem größeren der beiden z-Werte, die sich aus den Zwischen-Verbindungsgeraden ergeben, abgezogen wird.

Die Vorgehensweise, wie verfahren wird, wenn sich zwei verschiedene z-Werte aus den Zwischen-Verbindungsgeraden ergeben, um dann eine möglichst präzise Aussage für die präoperative Vorhersage der postoperativen horizontalen Tiefenlage der Intraokularlinse im Auge zu treffen, kann dann von vielerlei Gegebenheiten und Parametern abhängen. So kann dies beispielsweise abhängig von der Größe des Differenzwerts erfolgen und/oder abhängig von den spezifischen Quadranten Q1 bis Q9, in dem sich das Wertepaar xA1, yA1 befindet und/oder abhängig von der Größe und/oder Lage des Quadranten Q1 bis Q9, in dem sich dieses Wertepaar befindet, sein. Die Aussagen bezüglich des Quadranten gelten natürlich in analoger Weise auch für

- 54 -

die im dreidimensionalen Raum sich befindlichen Teilflächen beziehungsweise Teilnetze des Vorhersagenetzes 58, die das Wertepaar x_{A1} , y_{A1} abdecken.

Diesbezüglich wird dann dieser vorhergesagte z-Wert und somit der Wert der postoperativen horizontalen Tiefenlage postopeIOLE der Intraokularlinse in diesem ersten Auge 1 berechnet. Er wird dann als weiterer Wert, der wesentlich ist, in die Berechnung der Brechkraft der zu implantierenden Intraokularlinse in das erste Auge 1 berücksichtigt.

Die eben genannten Erläuterungen basieren auf der Angabe, dass die Intraokularlinse 14 gemäß der Darstellung in Fig. 2 Haptiken 62 und 63 aufweist, die gegenüber der Vertikalen nicht nach vorne oder nach hinten geneigt sind. Darüber hinaus ist vorgesehen, dass die Intraokularlinse 14 in dem Kapselsack 3 des Auges 1 implantiert werden soll.

In Fig. 6 ist eine beispielhafte Darstellung eines uneben ausgebildeten Vorhersagenetzes 58 gezeigt, welches in dem dreidimensionalen Koordinatensystem angeordnet ist. Die unterschiedlichen Neigungen und Krümmungen sind zu erkennen. Es kann auch vorgesehen sein, dass das Vorhersagenetz 58, beispielsweise durch Interpolation ausgehend von den bereitgestellten Rand-Verbindungsgeraden eine vollständig zusammenhängende Vorhersagefläche bildet. Diese kann dann gemäß der Vorhersagefläche 62 in Fig. 6 ausgestaltet sein.

Ist eine derartige zusammenhängende Vorhersagefläche 62 erzeugt, so kann auch vorgesehen sein, dass abhängig von den gemessenen Werten x_{A1} und y_{A1} keine weitere Berech-

nung von Zwischen-Verbindungsgeraden und gegebenenfalls zu ermittelnden z-Werten der Zwischen-Verbindungsgeraden durchgeführt werden muss, sondern dass dann explizit aus der vorhandenen Vorhersagefläche 62 schon ein einziger z-Wert entnommen werden kann. Diesbezüglich ist der Rechenaufwand für die Bestimmung des z-Werts niedriger, nachdem bereits das Vorhersagenetz 58 und daraus folgend die Vorhersagefläche 62 bestimmt wurde. Allerdings ist im Vergleich zur Vorhergehensweise, wie sie zu den Fig. 3 bis Fig. 5 dargelegt wurde, ein größerer vorhergehender Rechenaufwand erforderlich, um überhaupt die Vorhersagefläche 62 entsprechend genau und präzise bestimmen und bereitstellen zu können. Insbesondere ist es dabei vorgesehen, dass eine sehr hohe Anzahl an Haupt-Stützstellen bereitgestellt wird, um ein besonders engmaschiges Vorhersagenetz 58 generieren zu können, welches dann beispielsweise durch Interpolation eine entsprechende exakt und uneben geformte Vorhersagefläche 62 ermöglicht.

Ausgehend von den Erläuterungen zur spezifischen Ausgestaltung in Fig. 2 wird dann die so simulativ ermittelte vorhergesagte Tiefenlage und somit der präoperativ vorhergesagte postoperative horizontale Tiefenlagewert der Intraokularlinse im Auge 1 modelliert und daraus dann die Brechkraft und die Form der Intraokularlinse 14 modelliert. Die dann so auf Basis dieser Modellierungswerte hergestellte Intraokularlinse 14 wird dann in das Auge 1 entsprechend implantiert. Es kann dann durch Messen des in Fig. 2 eingezeichneten Parameterwerts des Parameters postopACD die vorhergesagte Lage der Intraokularlinse 14 überprüft werden. In Fig. 2 ist beispielhaft der dann be-

reits implantierte Zustand der Intraokularlinse 14 in dem Simulationsmodell des Auges 1 eingezeichnet.

In einer weiteren Ausführung kann vorgesehen sein, dass die Intraokularlinse 14' gegenüber der Vertikalen nach
 5 vorne gewinkelt und somit geneigte Haptiken 62' und 63' aufweist, wie dies in Fig. 7 gezeigt ist. Um auch für derartige Konstellationen entsprechend präzise Vorhersagen für den postoperativen horizontalen Tiefenlagenwert postopeIOLE* ermöglichen zu können, sind die oben genannten und dargelegten Formeln 5 und 6 zu modifizieren. Ins-
 10 besondere ist dabei dann eine Formel 7 und gegebenenfalls 8, wie sie nachfolgend dargestellt sind, heranzuziehen.

$$Z_{ZV60}^{yAl}(x) * = Z_{ZV60}^{yAl}(x) - 1,39329 + [(Fak_z \cdot 0,5663) - 65,60] \quad (7)$$

$$Z_{ZV61}^{xAl}(y) * = Z_{ZV61}^{xAl}(y) - 1,39329 + [(Fak_z \cdot 0,5663) - 65,60] \quad (8)$$

15 In dieser sind die unterschiedlichen Gegebenheiten mit einer angewinkelten Haptik der Intraokularlinse und/oder eine Implantation mit dem Kapselsack des Auges 1 berücksichtigt.

Der Z-Faktor Fak_z kann ein statischer vorgegebener Wert
 20 sein, der abhängig von der Linsenart und der Linsenform IOL sowie der Anbringung an spezifischer Stelle im Auge variiert. Insbesondere kann dieser Wert zwischen 110 und 125 variieren.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn dieser Faktor Fak_z
 25 selbst wiederum eine Funktion ist, die insbesondere von einem spezifischen Parameter der vorgesehenen Intraokularlinse abhängt, insbesondere von der Brechkraft abhän-

- 57 -

gig ist. Insbesondere könnte hier vorzugsweise eine lineare Funktion zugrunde gelegt werden.

Bezüglich der erläuterten Vorgehensweise zu Fig. 5 kann zunächst auch die Zwischen-Verbindungsgeraden 61 bestimmt werden und für die z-Wertbestimmung und somit den Wert postopeIOLE alleine genügen. Optional kann dann nachfolgend die Zwischen-Verbindungsgeraden 60 bestimmt werden und das weitere Vorgehen wie in Fig. 5 erläutert erfolgen. Entsprechendes gilt für die Formeln 7 und 8.

Ansprüche

5

1. Verfahren zur präoperativen Vorhersage einer postoperativen horizontalen Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*) einer Intraokularlinse (14, 14') in einem Patientenauge (1), bei welchem Werte von Parametern
10 bereitgestellt werden, wobei die Parameter einen ersten Parameter als Tiefe (preopACD) einer vorderen Augenkammer (7) von Humanaugen, einen zweiten Parameter als horizontale Länge (preopAL) von Humanaugen und einen dritten Parameter als postoperative Lage von
15 Intraokularlinsen in Humanaugen umfassen, dadurch gekennzeichnet, dass
aus diesen Werten spezifische Wertetripel mit jeweils einem Wert der drei genannten Parameter als Haupt-Stützstellen (18 bis 33) ausgewählt werden und die
20 Haupt-Stützstellen (18 bis 33) in ein durch die drei Parameter aufgespanntes dreidimensionales Koordinatensystem eingetragen werden, wobei Haupt-Stützstellen (18 bis 33) durch Rand-Verbindungsgeraden (34 bis 57) verbunden werden und
25 zumindest durch die Lagen der Rand-Verbindungsgeraden (34 bis 57) ein im dreidimensionalen Koordinatensystem uneben geformtes Vorhersagenetz (58) zur Vorhersage der postoperativen horizontalen Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*) der Intraokularlinse (14,

14') im Patientenauge (1) erzeugt wird, wobei Parameter des Patientenauges (1) gemessen werden und für die Vorhersage der Tiefenlage bereitgestellt werden und abhängig von den gemessenen Parametern des Patientenauges (1) und von dem Vorhersagenetz (58) die postoperative horizontale Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*) bestimmt und bereitgestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
10 die präoperativ vorherzusagende postoperative horizontale Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*) der Intraokularlinse (14, 14') im Patientenauge (1) abhängig von zumindest einer zur Erzeugung des Vorhersagenetzes (58) beitragenden Verbindungsgeraden (34
15 bis 57, 60, 61) bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Vorhersagenetz (58) aus einer Mehrzahl von Teilmaschen erzeugt wird, und die Haupt-Stützstellen (18
20 bis 33) so gewählt werden, dass sie jeweils Eckpunkte zumindest einer Teilmasche sind, insbesondere die Haupt-Stützstellen (18 bis 33) so ausgewählt werden, dass die Teilmaschen bei einer Projektion der sie begrenzenden Rand-Verbindungsgeraden (34 bis 57) in die
25 Koordinatenebene, welche durch die senkrecht zueinander stehenden Koordinatenachsen für den Parameter der Tiefe (preopACD) der vorderen Augenkammer (7) und den Parameter der Länge (preopAL) des Humanauges aufgespannt wird, als Rechtecke aufgespannt werden und
30 Quadranten (Q1 bis Q9) der Gesamtfläche bilden, ins-

besondere die Rechtecke so in das Koordinatensystem
eingebracht werden, dass die Rand-Verbindungsgeraden
(34 bis 57) zwischen jeweils zwei Eckpunkten einer
Teilmasche bei einer Projektion der Rand-
5 Verbindungsgeraden (34 bis 57) in die Koordinatenebe-
ne, welche durch die senkrecht zueinander stehenden
Koordinatenachsen für den Parameter der Tiefe (preo-
pACD) der vorderen Augenkammer (7) und den Parameter
der Länge (preopAL) des Humanauges aufgespannt wird,
10 parallel zu den Koordinatenachsen verlaufen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Haupt-Stützstellen (18 bis 33) so ausgewählt wer-
den, dass die Längen der in eine durch die mit den
15 Parametern der Tiefe der vorderen Augenkammer und der
Länge des Auges charakterisierten Koordinatenachsen
aufgespannten Koordinatenebene projizierten Rand-
Verbindungsgeraden (34 bis 57) der Quadranten (Q1 bis
Q9) in der Koordinatenebene in Richtung der ersten
20 Koordinatenachse (preopACD, peropAL) unterschiedlich
erzeugt werden und/oder die Haupt-Stützstellen (18
bis 33) so ausgewählt werden, dass die Längen der in
eine durch die mit den Parametern der Tiefe der vor-
deren Augenkammer und der Länge des Auges charakteri-
25 sierten Koordinatenachsen aufgespannten Koordinaten-
ebene projizierten Rand-Verbindungsgeraden (34 bis
57) von zumindest zwei Quadranten (Q1 bis Q9) in der
Koordinatenebene in Richtung der zweiten Koordinaten-
achse (preopACD, preopAL) unterschiedlich erzeugt
30 werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
abhängig von dem Wertepaar der Tiefe (preopACD) der
vorderen Augenkammer (7) des Patientenauges (1) und
5 der Länge (preopAL) des Patientenauges (1) diejenige
Teilmasche mit dem zugeordneten Quadranten (Q1 bis
Q9) des Vorhersagenetzes (58) ausgewählt wird, durch
welche das Wertepaar in den Koordinatenachsen (preo-
pACD, preopAL) umfasst wird.
- 10 6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
für den Wert der Tiefe (preopACD) der vorderen Augen-
kammer (7) des Patientenauges (1) eine erste zur Er-
zeugung des Vorhersagenetzes (58) beitragende Zwi-
15 schen-Verbindungsgerade (60, 61) abhängig von den
Werten der Rand-Verbindungsgeraden (34 bis 57) der
ausgewählten Teilmasche an der Stelle des Werts der
Tiefe (preopACD) der vorderen Augenkammer (7) des Pa-
tientenauges (1) bestimmt wird und/oder für den Wert
20 der Länge (preopAL) des Patientenauges (1) eine zwei-
te zur Erzeugung des Vorhersagenetzes (58) beitragen-
de Zwischen-Verbindungsgerade (60, 61) abhängig von
den Werten der Rand-Verbindungsgeraden (34 bis 57)
der ausgewählten Teilmasche an der Stelle des Werts
25 der Länge (preopAL) des Patientenauges (1) bestimmt
wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
an der Stelle des Wertepaars der Tiefe (preopACD) der
30 vorderen Augenkammer (7) und der Länge (preopAL) des

- 62 -

Patientenauges (1) zumindest ein Vorhersagewert der postoperativen Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*) der Intraokularlinse (14, 14') im Patientenauge (1) aus zumindest einer Zwischen-Verbindungsgeraden (60, 61) berechnet wird, insbesondere aus beiden Zwischen-Verbindungsgeraden (60, 61) jeweils ein Vorhersagewert berechnet wird und die beiden Vorhersagewerte verglichen werden und abhängig von einer auftretenden Differenz der Vorhersagewerte die weitere Bestimmungsart eines End-Vorhersagewerts der postoperativen Tiefenlage (postopACD, postopeIOLE) der Intraokularlinse (14, 14') im Patientenauge (1) zur präoperativen Vorhersage festgelegt wird, insbesondere eine Mittelwertbestimmung festgelegt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Bestimmung des postoperativen Werts der Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*) der Intraokularlinse (14, 14') im Patientenauge (1) für eine vorgesehene Intraokularlinse (14, 14') mit einer gegenüber der Vertikalen geneigten Haptik (62, 63, 62', 63') und/oder für einen spezifischen vorgesehenen Implantationsort der Intraokularlinse (14, 14') im Patientenauge (1) ein erster Korrekturfaktor berücksichtigt wird, insbesondere ein Korrekturfaktor berücksichtigt wird, der abhängig von der Linsenform und/oder des Implantationsorts im Patientenauge (1) variabel bestimmt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass

- 63 -

der Korrekturfaktor (Fak_{korrr}) durch folgenden funktionellen Zusammenhang bestimmt wird:

$$Fak_{korrr} = -a + [(Fak_Z \cdot b) - c];$$

5 wobei a zwischen 1,3 und 1,43, b zwischen 0,45 und 0,65 und c zwischen 60 und 70, vorzugsweise zwischen 64 und 66 liegt,

insbesondere gilt:

$$Fak_{korrr} = -1,39329 + [(Fak_Z \cdot 0,5663) - 65,60],$$

10 und insbesondere der Faktor Fak_Z zwischen 110 und 125 liegt und/oder der Faktor Fak_Z als eine Funktion, insbesondere eine lineare Funktion, abhängig von einem Parameter der Intraokularlinse (14, 14'), insbesondere deren Brechkraft, festgelegt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
15 dadurch gekennzeichnet, dass
die zum Auswählen der Haupt-Stützstellen (18 bis 33) bereitgestellten Werte der Tiefen von vorderen Augenkammern von Humanaugen durch Messen von Humanaugen bestimmt werden und/oder Werte von Längen von Human-
20 augen durch Messen von Humanaugen bestimmt werden und/oder Werte von postoperativen Tiefenlagen von Intraokularlinsen in Humanaugen gemessen und/oder geschätzt und/oder berechnet werden, insbesondere gemessene Werte nur bei Haupt-Stützstellen (18 bis 33)
25 berücksichtigt werden, die mit das Versorgungsnetz

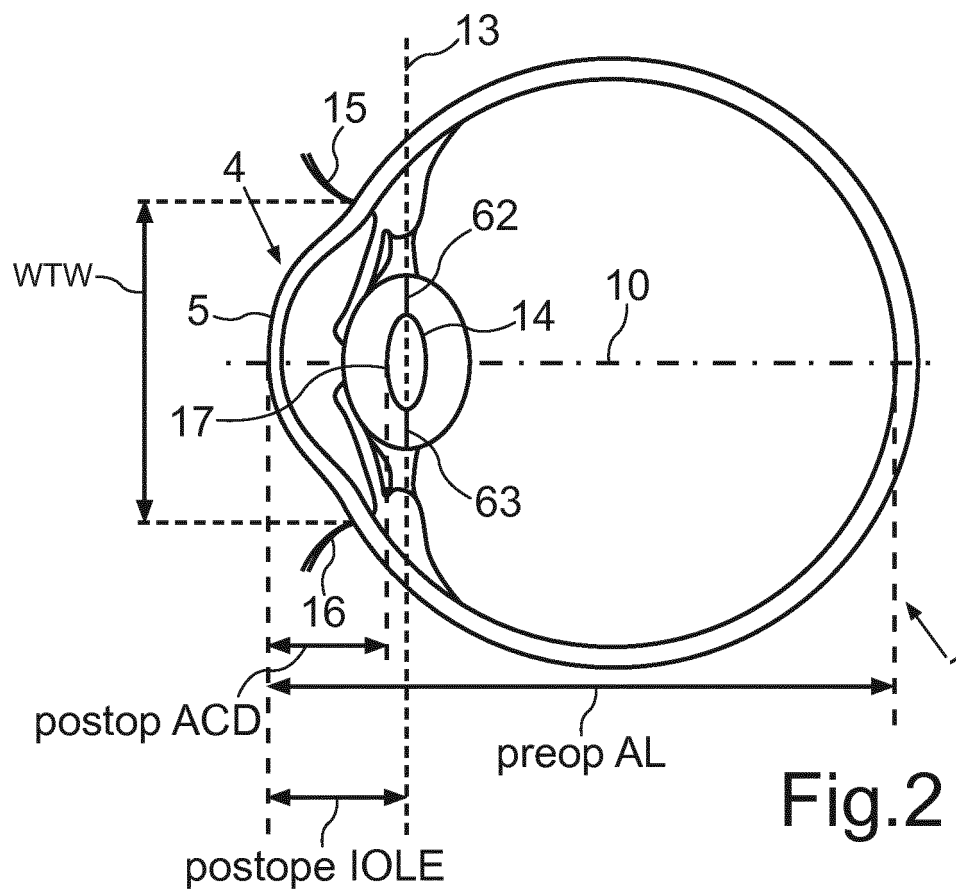
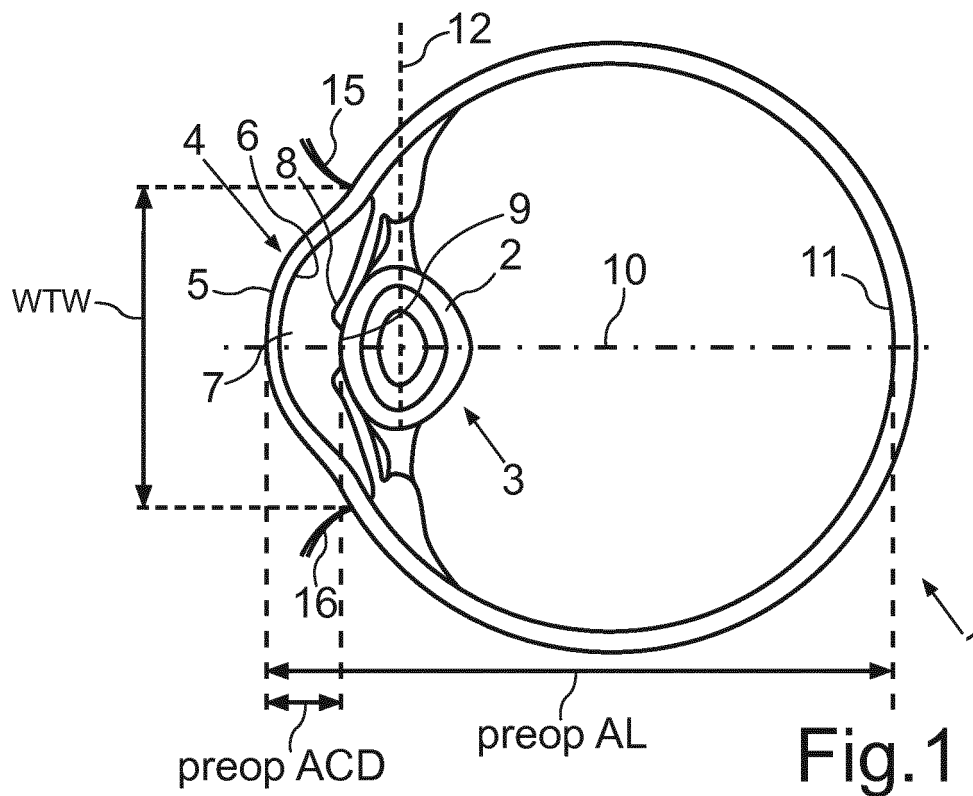
- 64 -

(58) umfangsseitig begrenzenden Rand-
Verbindungsgeraden (34 bis 57) verbunden werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
5 die Haupt-Stützstellen (18 bis 33) nutzerdefiniert
vorgegeben werden.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Vorhersagenetz (58) und/oder die bestimmte und
10 präoperativ vorhergesagte postoperative horizontale
Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*) der Intraoku-
larlinse (14, 14') auf einer Anzeigeeinheit einer
Vorrichtung angezeigt werden, insbesondere die be-
stimmte und präoperativ vorhergesagte postoperative
15 horizontale Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*)
der Intraokularlinse (14, 14') auf einer Anzeigeein-
heit einer Vorrichtung als Wert und/oder in einem als
Bild dargestellten Auge angezeigt werden.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
abhängig von der präoperativ vorhergesagten postope-
rativen horizontalen Tiefenlage (postopeIOLE, postopeIOLE*) der Intraokularlinse (14, 14') in dem Pati-
entenauge (1) die Intraokularlinse (14, 14') in ihrer
25 Form und/oder Brechkraft modelliert wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

ein einmal erzeugtes Vorhersagenetz (58) abhängig von nachträglich erhaltenen Informationen über die tatsächliche positionelle Tiefenlage der Intraokularlinse (14, 14') im Patientenauge (1) nach deren Implantation korrigiert wird und insbesondere entsprechende Haupt-Stützstellen (18 bis 33), insbesondere automatisch, verändert werden.

15. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche zumindest ein Mittel aufweist, um das Vorhersagenetz (58) zu bestimmen, und zumindest ein Mittel umfasst, um den Vorhersagewert zu bestimmen.

$\frac{1}{4}$ 

2/4

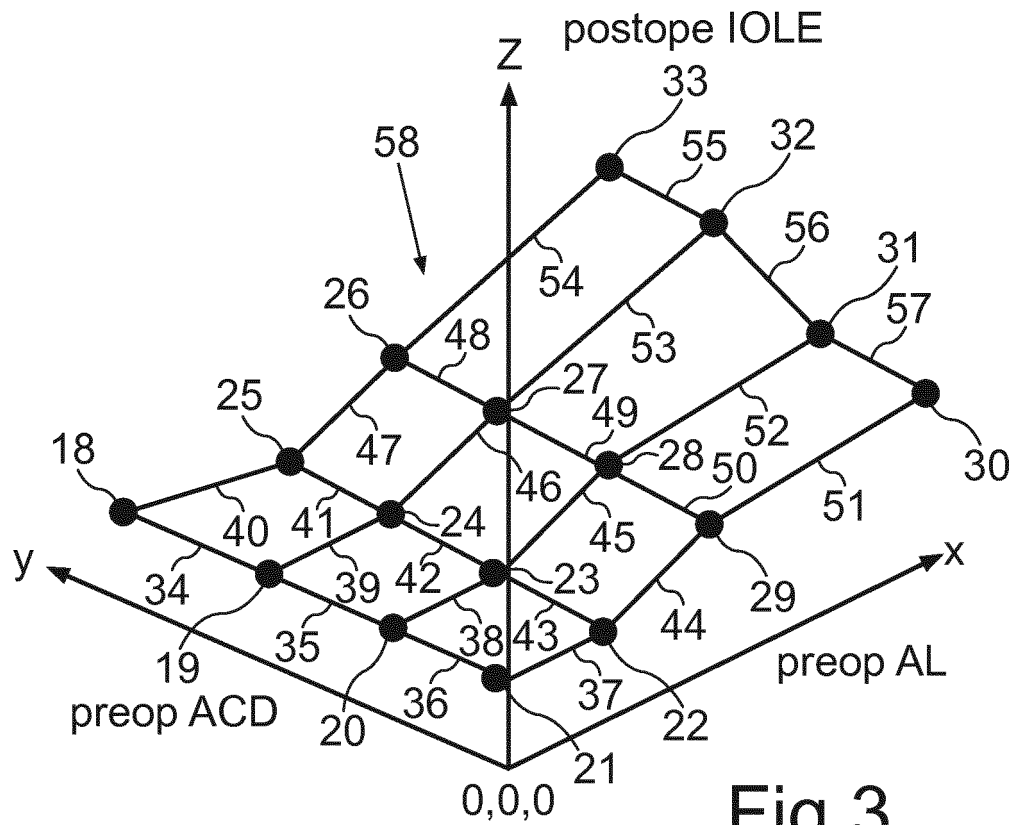


Fig.3

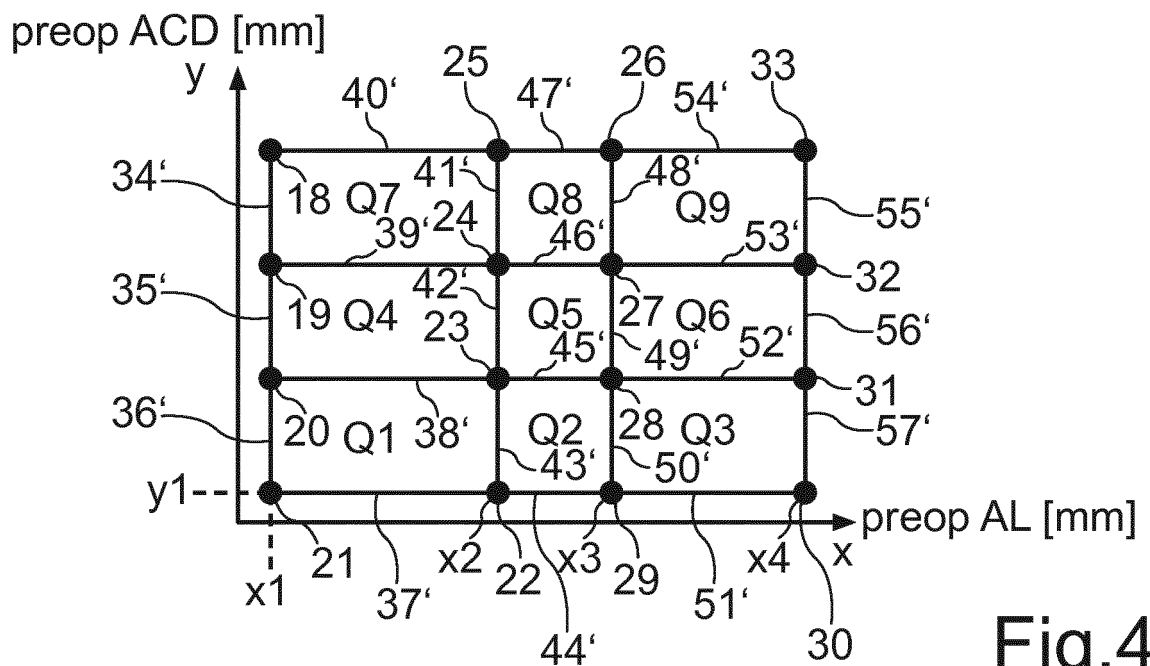
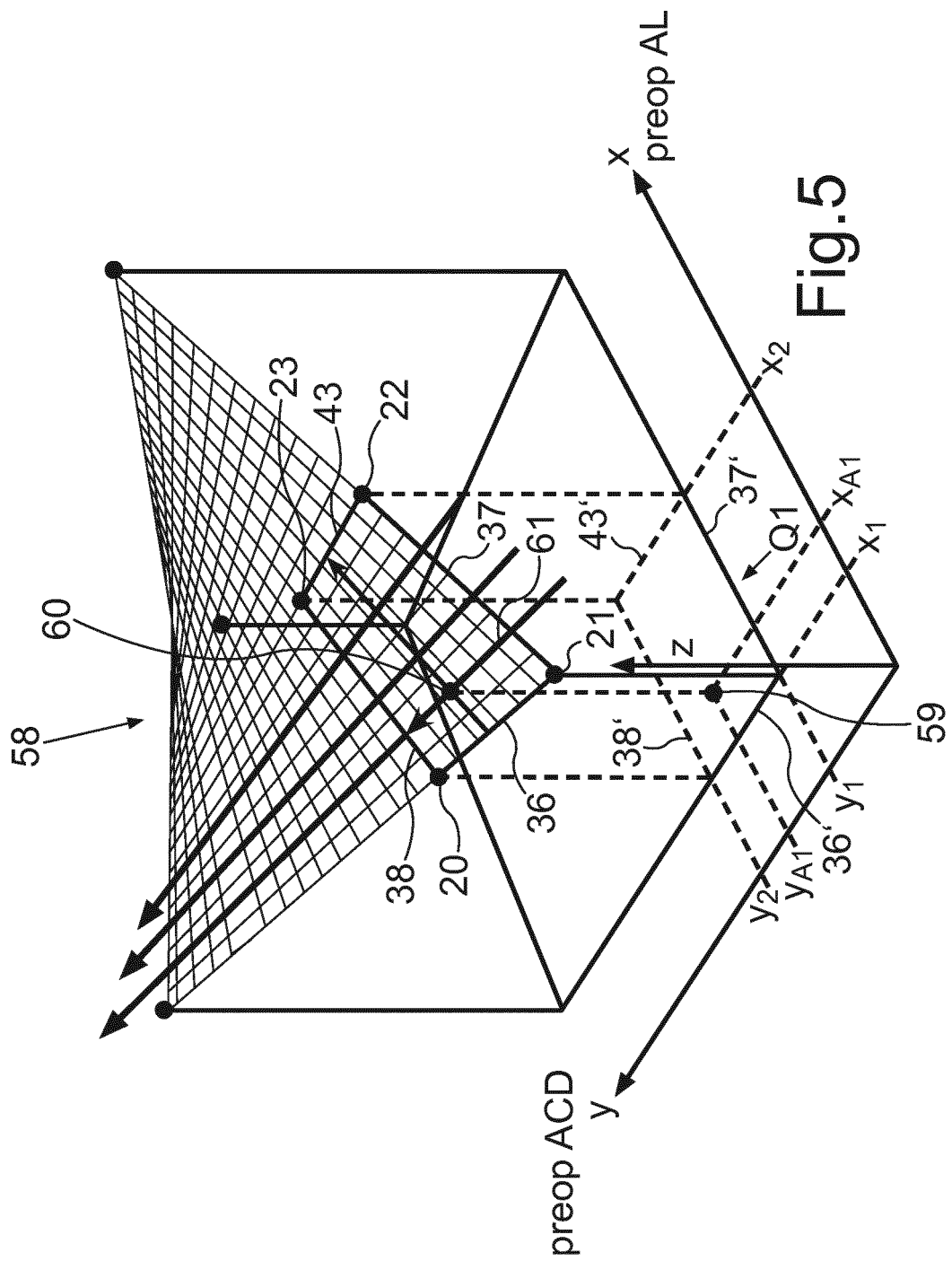


Fig.4



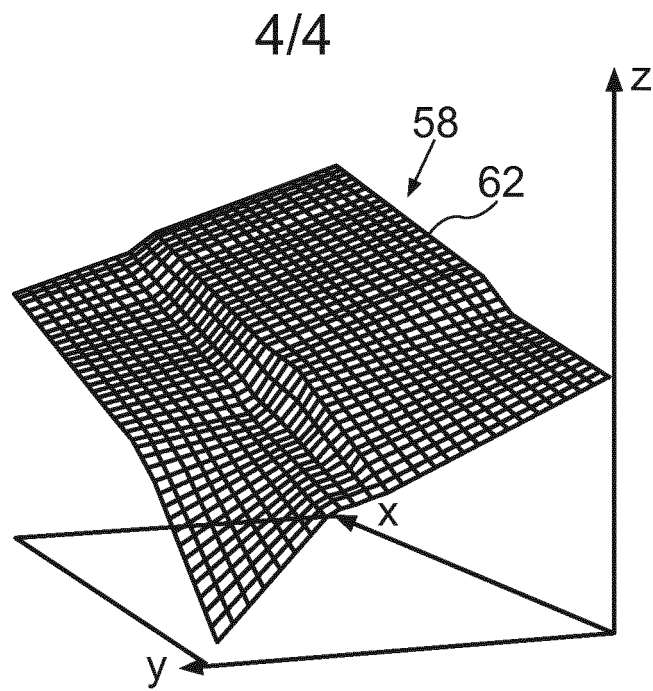


Fig.6

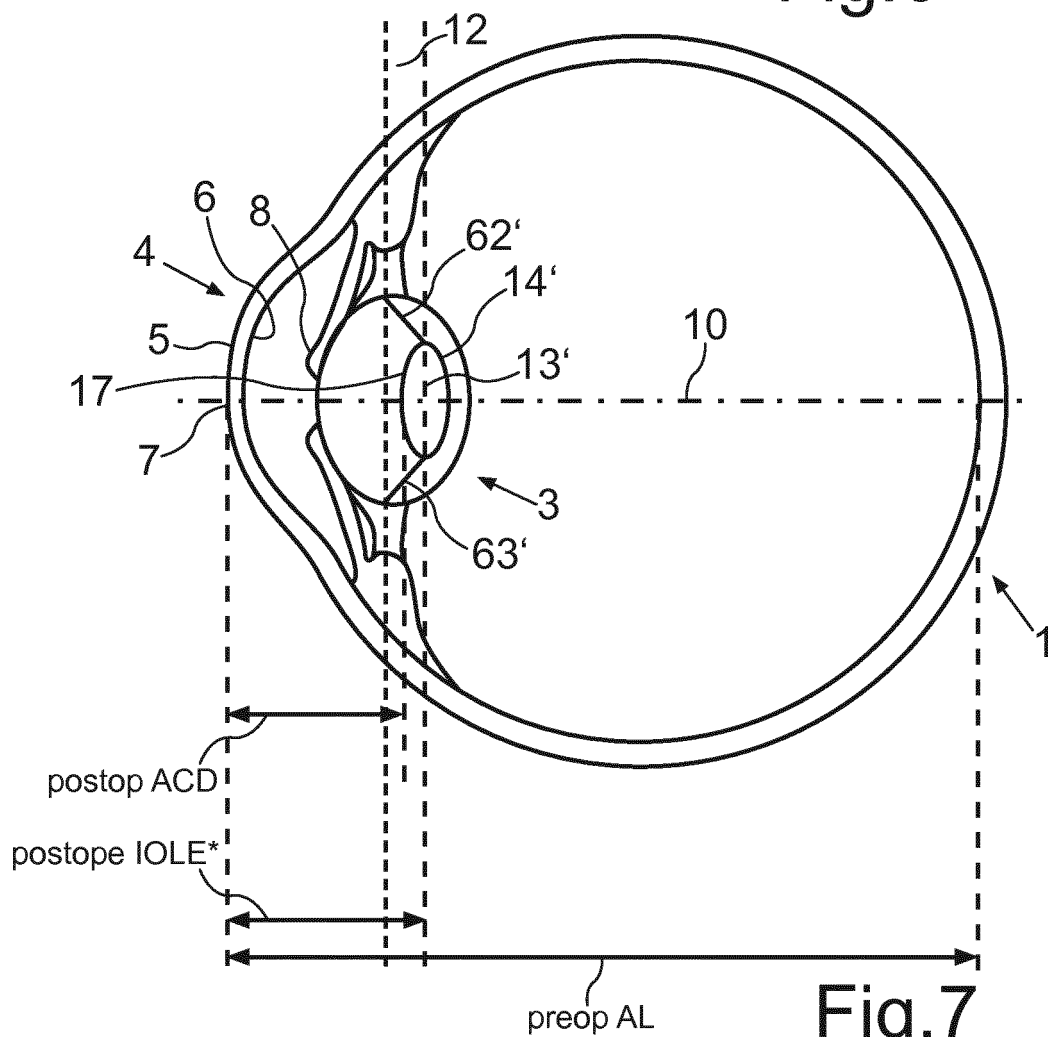


Fig.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/058068

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02C7/02 A61B3/107 A61B3/103 A61B3/10 A61F2/16
A61B3/00

ADD.

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)

A61B A61F G02C

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.
A	US 2009/251664 A1 (NORRBY SVERKER [NL] ET AL) 8 October 2009 (2009-10-08) cited in the application the whole document	1-15
A	----- OLSEN T ET AL: "Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm", JOURNAL CATARACT AND REFRACTIVE SURGERY, SURGERY, FAIRFAX, VA, US, vol. 21, 1 January 1995 (1995-01-01), pages 313-319, XP009105523, ISSN: 0886-3350 the whole document ----- -/-	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 July 2012

Date of mailing of the international search report

06/08/2012

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Tommaseo, Giovanni

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/058068

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/059251 A2 (LENSX LASERS INC [US]; KURTZ RONALD M [US]) 7 May 2009 (2009-05-07) abstract	1
A	----- US 2011/051083 A1 (GEGGEL HARRY S [US]) 3 March 2011 (2011-03-03) abstract claims 1-20	1-15
A	----- US 7 044 604 B1 (ARROWSMITH PETER N [US]) 16 May 2006 (2006-05-16) the whole document	1-15
A	----- WO 2010/028654 A1 (IOL INNOVATIONS APS [DK]; OLSEN THOMAS [DK]) 18 March 2010 (2010-03-18) the whole document	1-15
A	----- US 2008/231809 A1 (HAIGIS WOLFGANG [DE]) 25 September 2008 (2008-09-25) the whole document -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/058068

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009251664 A1	08-10-2009	AU 2009323770 A1 CA 2725508 A1 EP 2265218 A2 US 2009251664 A1 US 2011128502 A1 WO 2010064150 A2	10-06-2010 10-06-2010 29-12-2010 08-10-2009 02-06-2011 10-06-2010
WO 2009059251 A2	07-05-2009	EP 2211802 A2 JP 2011502585 A US 2009137988 A1 WO 2009059251 A2	04-08-2010 27-01-2011 28-05-2009 07-05-2009
US 2011051083 A1	03-03-2011	NONE	
US 7044604 B1	16-05-2006	NONE	
WO 2010028654 A1	18-03-2010	CA 2736784 A1 EP 2334223 A1 US 2011242482 A1 WO 2010028654 A1	18-03-2010 22-06-2011 06-10-2011 18-03-2010
US 2008231809 A1	25-09-2008	DE 10344781 A1 EP 1662982 A1 JP 2007505716 A US 2008231809 A1 WO 2005030044 A1	14-04-2005 07-06-2006 15-03-2007 25-09-2008 07-04-2005

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	G02C7/02	A61B3/107
	A61B3/00	A61B3/103
		A61B3/10
		A61F2/16
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
A61B A61F G02C		
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.
A	US 2009/251664 A1 (NORRBY SVERKER [NL] ET AL) 8. Oktober 2009 (2009-10-08) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-15
A	----- OLSEN T ET AL: "Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm", JOURNAL CATARACT AND REFRACTIVE SURGERY, SURGERY, FAIRFAX, VA, US, Bd. 21, 1. Januar 1995 (1995-01-01), Seiten 313-319, XP009105523, ISSN: 0886-3350 das ganze Dokument ----- -/-	1
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
26. Juli 2012		06/08/2012
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 Tommaso, Giovanni

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2009/059251 A2 (LENSX LASERS INC [US]; KURTZ RONALD M [US]) 7. Mai 2009 (2009-05-07) Zusammenfassung -----	1
A	US 2011/051083 A1 (GEGGEL HARRY S [US]) 3. März 2011 (2011-03-03) Zusammenfassung Ansprüche 1-20 -----	1-15
A	US 7 044 604 B1 (ARROWSMITH PETER N [US]) 16. Mai 2006 (2006-05-16) das ganze Dokument -----	1-15
A	WO 2010/028654 A1 (IOL INNOVATIONS APS [DK]; OLSEN THOMAS [DK]) 18. März 2010 (2010-03-18) das ganze Dokument -----	1-15
A	US 2008/231809 A1 (HAIGIS WOLFGANG [DE]) 25. September 2008 (2008-09-25) das ganze Dokument -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/058068

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
US 2009251664	A1	08-10-2009	AU	2009323770	A1	10-06-2010
			CA	2725508	A1	10-06-2010
			EP	2265218	A2	29-12-2010
			US	2009251664	A1	08-10-2009
			US	2011128502	A1	02-06-2011
			WO	2010064150	A2	10-06-2010

WO 2009059251	A2	07-05-2009	EP	2211802	A2	04-08-2010
			JP	2011502585	A	27-01-2011
			US	2009137988	A1	28-05-2009
			WO	2009059251	A2	07-05-2009

US 2011051083	A1	03-03-2011	KEINE			

US 7044604	B1	16-05-2006	KEINE			

WO 2010028654	A1	18-03-2010	CA	2736784	A1	18-03-2010
			EP	2334223	A1	22-06-2011
			US	2011242482	A1	06-10-2011
			WO	2010028654	A1	18-03-2010

US 2008231809	A1	25-09-2008	DE	10344781	A1	14-04-2005
			EP	1662982	A1	07-06-2006
			JP	2007505716	A	15-03-2007
			US	2008231809	A1	25-09-2008
			WO	2005030044	A1	07-04-2005

专利名称(译)	用于术前预测眼内人工晶状体的术后水平深度的方法和装置		
公开(公告)号	EP2705403A1	公开(公告)日	2014-03-12
申请号	EP2012719673	申请日	2012-05-03
[标]申请(专利权)人(译)	卡尔蔡司医疗技术股份公司		
申请(专利权)人(译)	卡尔蔡司AG		
当前申请(专利权)人(译)	卡尔蔡司AG		
[标]发明人	BECKER RONALD GERLACH MARIO MULLER STEPHANIE OSTBURG EILEEN		
发明人	BECKER, RONALD GERLACH, MARIO MÜLLER, STEPHANIE OSTBURG, EILEEN		
IPC分类号	G02C7/02 A61B3/107 A61B3/103 A61B3/10 A61F2/16 A61B3/00 A61B5/00 A61F9/007		
CPC分类号	A61B5/4851 A61B3/0025 A61B3/10 A61F2/16 A61F9/007		
优先权	102011075149 2011-05-03 DE		
其他公开文献	EP2705403B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及一种术前预测患者眼睛 (1) 中的人工晶状体 (14,14') 的术后水平深度 (术后IOLE , 术后IOLE *) 的方法和装置。提供参数值, 所述参数包括作为人眼前房 (7) 的深度 (preopACD) 的第一参数, 作为人眼的水平长度 (preopAL) 的第二参数, 以及作为术后位置的第三参数。人眼中的人工晶状体。从所述值中选择特定三元组值作为主插值节点 (18至33), 每个三元组值包括上述三个参数中的每一个的值, 并且主插值节点 (18至33) 被输入三个 - 由三个参数跨越的尺寸坐标系。主插补节点 (18至33) 通过边缘连接线 (34至57) 连接, 并且至少使用边缘连接的位置产生在三维坐标系中不均匀地形成的预测网络 (58)。线 (34至57), 以预测患者眼睛 (1) 中的人工晶状体 (14,14') 的术后水平深度 (术后, 术后, 术后*)。