



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 17 745 T2 2006.01.05

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 196 115 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 17 745.9

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US00/07922

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 918 380.7

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 00/57819

(86) PCT-Anmeldetag: 24.03.2000

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 05.10.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 17.04.2002

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 26.01.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 05.01.2006

(51) Int Cl.⁸: A61F 2/16 (2006.01)

A61L 27/16 (2006.01)

A61L 27/18 (2006.01)

A61L 27/34 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

282476 31.03.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Galin, Miles A., New York, N.Y., US

(72) Erfinder:

Galin, Miles A., New York, US

(74) Vertreter:

Spott & Weinmiller, 80336 München

(54) Bezeichnung: IMPLANTAT MIT POSITIVER BRECHKRAFT FÜR DIE VORDERE AUGENKAMMER

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein positiv brechendes Vorderkammerokularimplantat zum Einsatz in ein phakes Auge zwecks Korrektur von Brechungsfehlern, wie Hyperopie, hyperopischem oder gemischtem Astigmatismus, ein Verfahren zur Behandlung von Hyperopie bei einem behandlungsbedürftigen Patienten durch chirurgische Implantation und Verankerung im Vorderkammerwinkel eines phaken Auges eines positiv brechenden Vorderkammerokularimplantats, das eine künstliche positiv brechende Linse mit wenigstens einer konvexen Oberfläche und Mittel zur Positionierung der Linse in der Vorderkammer des Auges aufweist, worin ein Kontakt zwischen der positiv brechenden Linse und anderen anatomischen Körpern vermieden wird und worin die Mittel zur Positionierung der Linse einen Kontakt mit der Iris vermeiden.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Es ist dem Fachmann wohl bekannt, dass Intraokularlinsen vorwiegend ausgelegt sind auf einen Ersatz einer vorher oder gleichzeitig entfernten Linse bei einem Kataraktpatienten, wozu beispielsweise hingewiesen wird auf US 5 628 798 A. Die Implantation von Intraokularlinsen ist zwar mit einem beachtlichen chirurgischen Vorteil verbunden, doch verursacht eine solche Implantation bekanntlich eine sofortige oder latente Schädigung des Corneaendothels, sofortige oder latente inflammatorische Antworten in den vorderen und/oder hinteren Segmenten des Auges, eine sofortige oder latente sekundäre Fibrose und/oder eine Neovaskularisation und andere Probleme.

[0003] Intraokularlinsen sind auch bereits chirurgisch in ein aphakes Auge implantiert worden, um die Stelle der natürlichen Linse einzunehmen, wozu beispielsweise verwiesen wird auf US 2 834 023A , US 4 261 065 A und GB 1 591 877 B. Weiter sind Intraokularlinsen bereits in die Hinterkammer des phaken Auges implantiert worden, nämlich in ein Auge mit einer noch *in situ* befindlichen natürlichen Linse, um hierdurch Brechungsfehler zu kompensieren oder eine spezifische Brechung zu erzeugen und so die Sehfunktion zu unterstützen, wozu beispielsweise hingewiesen wird auf US 4 769 035 A.

[0004] Mit einer Implantation einer Intraokularlinse in das phake Auge sind aber bestimmte Schwierigkeiten verbunden, die bei einer Implantation einer Linse in das aphake Auge nicht auftreten. Das phake Auge ist eine wesentlich reaktivere Umgebung als das aphake Auge. Inflammatorische Reaktionen sind beim phaken Auge daher tentativ stärker und führen deshalb zu einer gleichzeitigen Erhöhung der Schädigung des Auges, welche durch eine Implantation von Intraokularlinsen verursacht wird. Ein Grund dafür ist, dass beim aphaken Auge die natürliche Linse nicht am hoch reaktiven Ziliarkörper zieht. Der Ziliarkörper befindet sich daher in einem Ruhezustand und neigt dazu, ein gewisses Ausmaß an Atrophie zu erfahren. Ferner beeinflusst die Anwesenheit der natürlichen Linse im phaken Auge den Raum, in welchem ein Intraokularimplantat im Auge angeordnet werden kann.

[0005] Weiter ist bekannt, dass eine Anordnung von Intraokularlinsen in der Vorderkammer des phaken Auges auch eine Kataraktbildung in der natürlichen Linse verursachen kann, die infolge des Kontakts zwischen dem Implantat und der natürlichen Linse *in situ* verbleibt. Im Gegensatz dazu kann eine Implantation von Intraokularlinsen bei Patienten, deren Katarakt entfernt worden ist, keine solche Wirkung einleiten, da hier die natürliche Linse ja entfernt worden ist.

[0006] Die Vorderkammer eines Auges ist der Bereich vor der Iris und hinter der Cornea. Die Iris fungiert als Teiler zwischen der Vorderkammer und der Hinterkammer. Die Vorderkammer wurde ursprünglich als eine bevorzugte Lage für aphake Intraokularimplantate angesehen, und zwar insbesondere dann, wenn keine Vorderkapsel mehr vorhanden war. Später haben sich hierfür aber signifikante Nachteile herausgestellt.

[0007] Das phake Auge hat eine flachere Vorderkammer – hier ist nämlich der Mittelwert aus der vorderen und der hinteren Tiefe niedriger – als das aphake Auge, wobei sich die Iris mit der anatomischen Linse in Kontakt befindet. Bei Auftreten einer inflammatorischen Reaktion im phaken Auge kann die Iris daher an der Vorderfläche der anatomischen Linse haften. Ferner kann es bei der natürlichen Linse, welche an Ort und Stelle verbleibt, zu einer Kataraktbildung kommen, wenn Implantate in der Vorderkammer beim phaken Auge eine inflammatorische Reaktion hervorrufen.

[0008] Es ist in der Technik der Implantation von Intraokularlinsen ferner bekannt, dass die bevorzugte Lage für das Implantat die Vorderkammer ist, nämlich der Bereich hinter der Iris und vor der *in situ* befindlichen na-

türlichen Linse. Intraokularimplantate für die Vorderkammer waren daher auf eine Behandlung von Myopie (Kurzsichtigkeit) und Hyperopie (Weitsichtigkeit) ausgelegt.

[0009] Die Korrektur von Brechungsfehlern bei Patienten mit hoher Myopie, nämlich extremer Nahsichtigkeit, mit Okularlinsen für die Vorderkammer hatte jedoch einen Nachteil. Durch das hohe Ausmaß an korrekter Brechung der Optik, welches für eine ziemlich kleine optische Zone ursächlich ist, kann eine myopische Linse in der Vorderkammer zu einer Reizung der Iris und einer möglichen Berührung der natürlichen Linse führen. Es wurden daher Intraokularlinsen für die Vorderkammer zur Anwendung bei hoher Myopie erforscht und entwickelt zwecks Implantation in das phake Auge, welche nicht mit Augengewebe oder der Linse des Menschen in Kontakt stehen. Hyperopische hintere Linsen würden keine ähnliche Schädigung verursachen, da hierbei der Rand der hyperopischen Linse dünner ist und die peripherale Iris nicht nach vorne drückt. Darüber hinaus verhindert die Wölbung einer hyperopischen hinteren Linse eine Berührung mit einer humanen Linse. Es hat daher keinerlei Anlass bestanden, eine hyperopische Linse in der Vorderkammer anzurufen.

[0010] Minusvorderkammerimplantate zur Behandlung von Myopie sind bereits bekannt, beispielsweise aus US 4 667 792 A, US 4 950 288 A oder DE 1 034 325 B. Unbeschichtete Minusimplantate sind bereits bei Patienten mit starker Myopie verwendet worden, welche sich mit Brillen oder Kontaktlinsen nicht zufriedenstellend korrigieren lässt, wozu beispielsweise hingewiesen wird auf Colin et al., Refractive and Corneal Surgery 6, Seiten 245 bis 251 (1990) und Baikoff et al., Refractive and Corneal Surgery 6, Seiten 252 bis 260 (1990). Dieser Stand der Technik offenbart jedoch keine Implantation eines Positivimplantats in die Vorderkammer eines phaken Auges zur Behandlung von Hyperopie. Darüber hinaus würde infolge der Flachheit der Vorderkammer bei hyperopen Augen die chirurgische Anordnung eines Positivimplantats in der Vorderkammer des phaken Auges zwecks Behandlung einer Hyperopie dem Stand der Technik widersprechen und daher gegenintuitiv sein.

[0011] Es ist von der Fachwelt allgemein anerkannt, dass die Anwendung von im Winkel der Vorderkammer abgestützten Implantaten beim aphaken Auge mit erheblichen Risiken verbunden ist. Hierzu wird verwiesen auf den Übersichtsartikel von Apple et al., Intraocular Lenses, Evolution, Designs, Complications and Pathology (Verlag William and Wilkens, Baltimore), 1989, Kapitel 4, Seiten 59 bis 105. Dass dies umso mehr für das phake Auge gilt, zeigt Seite 85, Spalte 1 der soeben angegebenen Literaturstelle. Wird ein solches Implantat beispielsweise in das Auge eingesetzt, dann kann es zu temporären oder permanenten Adhäsionen des Implantats am Irisgewebe mit der Folge einer Schädigung dieser Strukturen kommen, dass hierdurch die Mobilität und Kontur der Pupilla entweder sofort oder im Laufe der Zeit beeinträchtigt wird. Ferner kann das einmal in Position befindliche Implantat infolge einer mechanischen und/oder chemischen Inflammation auch im Augenwinkel ähnliche Adhäsionen hervorrufen, was zu einer progressiven Fibrose führen kann. Dies würde eine anschließende Entfernung des Implantats zu einem komplexen und gefährlichen chirurgischen Eingriff machen. Andere mit solchen Implantaten verbundene Probleme sind eine Kataraktbildung, ein Sekundärglaukom, ein Corneaödem, ein Hyphema und ein progressiver Verlust an Endothelzellen neben sonstigen Komplikationen.

[0012] In Ophthalmology Alert, Band 1, Nr. 11, November 1990, Seiten 41 und 42, Kommentar auf Seite 42, wird berichtet, dass mehrere amerikanische Firmen, welche in den Vereinigten Staaten von Amerika klinische Versuche mit phaken Vorderkammerokularimplantaten begonnen haben, nun dabei sind, diese Studien infolge der Risiken wieder aufzugeben, die mit Vorderkammerimplantaten in das phake Auge und der Schwierigkeit verbunden sind, für die Anwendung solcher Implantate die Zulassung der US Food and Drug Administration – FDA – zu erhalten. Ein signifikantes Risiko der Anwendung solcher Vorderkammerimplantate beim phaken Auge ist die mögliche Gefahr, dass die implantierte Linse mit dem Corneaendothel, der anatomischen Linse oder der Iris in Kontakt kommt. Es würden dann sogar mit der verbesserten Wölbungsgestaltung Komplikationen auftreten, wie sie in den in Ophthalmology Alert diskutierten Studien theoretisch diskutiert werden, da eine solche Gestaltung den Rand der Linsenoptik ziemlich nahe an das mittelperipherale Corneaendothel bringen würde. Eine Alternative zur Vermeidung eines Kontakts mit dem Corneaendothel wäre eine Verkleinerung des Durchmessers der Optik der Minuslinse. Eine solche Modifikation hätte aber ebenfalls signifikante Nachteile, wie ein Glänzen und eine Haloierung unter schlechten Lichtbedingungen, eine Ovalisierung der Pupille und eine Einleitung einer inflammatorischen Antwort, worüber von Perez-Santonja et al. in J. Cataract Refract Surg 22, Seiten 183 bis 187 (1996) bei der Diskussion von Baikoff ZB5M berichtet wird.

[0013] Vorteilhaft wäre natürlich die Verwendung eines unbeschichteten Positivvorderkammerokularimplantats zur Behandlung einer Hyperopie, wodurch das Auftreten der oben beschriebenen und mit Vorderkammerimplantaten verbundenen Probleme vermieden werden würde.

[0014] Hyperopie, nämlich ein gewöhnlich als Weitsichtigkeit bekannter Zustand, kann bekanntlich behandelt werden durch Tragen von Positivaugengläsern, Kontaktlinsen und/oder chirurgisch implantierten und von der

Iris getragenen Linsen oder Hinterkammerintraokularlinsen. An die Sklera sind chirurgisch auch bereits Plastikringe genäht worden, um hierdurch eine Hyperopie und Presbyopie zu behandeln. Von der Fachwelt wurde dabei allgemein angenommen, dass die Vorderkammer des phaken Auges bei Patienten, die an Hyperopie leiden, flacher sein würde als beim phaken Auge von Patienten, die an Myopie leiden. Versuche zur Korrektur von Hyperopie befassten sich daher nicht mit der Implantation eines Positivimplantats in die Vorderkammer des phaken Auges.

[0015] Die US 4 769 035 A offenbart ein Hinterkammerimplantat zur Implantation in das phake Auge zwecks Korrektur einer Hyperopie. Dieses Hinterkammerimplantat ist speziell so gestaltet, dass es mit der Vorderfläche der natürlichen Linse in einen unmittelbaren und direkten Kontakt kommt. Das chirurgische Verfahren zur Implantation dieses Hinterkammerimplantats erfordert vor einer Implantation eine Bestimmung der genauen Form und Konturierung der Oberfläche der natürlichen Linse und des speziellen Ausmaßes einer optischen Korrektur, was notwendig ist, um eine solche Linse in einem direkten Kontakt mit der natürlichen Linse anzutragen.

[0016] Aus US 5 489 299 A ist ein Verfahren zur Behandlung von Hyperopie und Presbyopie bekannt, wonach die effektive Arbeitsdistanz des Ziliarmuskels erhöht werden kann durch Expansion der Sklera im Bereich des Ziliarkörpers, indem an die Sklera ein relativ starres Band genäht wird, dessen Durchmesser etwas größer ist als der der Sklera im Bereich des Ziliarkörpers. Bei diesem Verfahren werden aber nur Ringe chirurgisch implantiert und überhaupt keine Intraokularlinsen verwendet.

[0017] Die US 5 192 319 A offenbart eine Intraokularlinse, welche chirurgisch in der Vorderkammer positioniert und zusätzlich zur natürlichen Linse verwendet wird, um so eine Brechung durch Fixation einer solchen Linse an der Iris zu korrigieren, wobei ein oder mehr Paare zangenförmiger Extensionen verwendet werden, um die Linse am Irisgewebe positioniert zu halten. Beschrieben wird darin ein Positivimplantat zur Anordnung in der Vorderkammer des phaken Auges zwecks Korrektur einer Hyperopie, das speziell auf eine Festlegung an der Iris ausgerichtet ist. Eine solche Positionierung an der Iris kann zwar für einen sicheren Abstand von Vitalstrukturen sorgen, wie der natürlichen Linse und dem Corneaendothel, doch hat dieses Implantat eine Reihe signifikanter Nachteile. So kann das empfindliche Irisgewebe geschädigt werden, wobei diese Schädigung sogar noch erhöht wird, wenn die Position des Implantats in Kooperation mit der bestehenden Linse eingestellt wird. Weiter kommt es dabei auch zu einer Zerstörung des Irisgewebes und somit zu einer Verringerung der Fähigkeit, auf der Iris zukünftige Ersatzimplantate anzuordnen. Auch kann es zu einem Kontakt mit vitalen Intraokularstrukturen kommen. In der Spalte 4, Zeilen 25 bis 27 dieses Patents wird daher auch ausgeführt, dass alle Gestaltungen ein Kompromiss sind zwischen den anatomischen Beschränkungen, die durch die Position der Intraokularlinse in der Vorderkammer und den optischen Bedürfnissen verursacht werden. Darüber hinaus werden die Nachteile von Vorderkammerimplantaten, welche an die Iris montiert sind, auch diskutiert von Apple et al., Intraocular Lenses, Evolution, Designs, Complications and Pathology (Verlag William and Wilkins, Baltimore) 1989, Kapitel 3, Seiten 45 bis 58, wo auf Seite 48 ausgeführt wird, dass solche Linsen infolge zahlreicher Komplikationen obsolet geworden sind.

[0018] In US 4 871 363 A wird ebenfalls eine korrektive Intraokularlinse beschrieben, welche in der Vorderkammer eines phaken Auges positioniert ist, um eine hohe Myopie zu korrigieren, wonach eine Führungshaptik kürzer ist als die Schlepphaptik. Eine solche Linse wäre zwangsläufig eine Minuslinse, obgleich die [Fig. 3](#) eine Positivlinse zu zeigen scheint, die speziell für eine Behandlung von Myopie ausgelegt ist. Der Beschreibung von US 4 871 262 A ist aber keinerlei Offenbarung einer Positivokularlinse in einem phaken Auge zur Behandlung von Hyperopie zu entnehmen. Ferner wird darin nichts über die Probleme gesagt, welche mit Positivokularimplantaten verbunden sind, welche wirklich in das phake Auge implantiert sind.

[0019] Die US 4 676 792 A offenbart ein Minusintraokularimplantat zur Anordnung in der Vorderkammer des phaken Auges zwecks Behandlung einer Myopie. Die [Fig. 2](#) dieses Patents zeigt zwar eine konvexe vordere Oberfläche der Optik, doch handelt es sich dabei um eine Minusoptik infolge der konkaven Krümmung der Hinterseite dieser Optik. Weiter wird darin auch nichts gesagt über die Komplikationen, die mit einer Planaren oder konvexen hinteren Oberfläche der Optik in Kombination mit einer konvexen oder planaren vorderen Oberfläche assoziiert sind.

[0020] Nach vorliegender Kenntnis hat es bisher keine erfolgreiche Implantation eines positiv brechenden Vorderkammerokularimplantats gegeben, das im phaken Auge aufgehängt ist, um hierdurch eine Hyperopie zu behandeln. In Anbetracht der Probleme und Risiken, die sich bei der Entwicklung von minusbrechenden Vorderkammerintraokularlinsen gezeigt haben, konnte auch nicht erwartet werden, dass positiv brechende Vorderkammerintraokularlinsen erfolgreich so modifiziert werden könnten, dass sie sich beim phaken Auge zur

Behandlung von Hyperopie verwenden lassen würden.

[0021] Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist somit die Schaffung eines positiv brechenden Okularimplantats für eine Anordnung in der Vorderkammer eines phaken Auges zwecks Korrektur von durch Hyperopie hervorgerufenen Brechungsfehlern.

Zusammenfassung der Erfindung

[0022] Die Erfindung ist nun auf ein Positivokularimplantat gerichtet, das in der Vorderkammer eines phaken Auges angeordnet werden kann, wie dies dem Anspruch 1 entspricht.

[0023] Das Implantat kann über ein spezielles Flexurausmaß verfügen, so dass beim Anlegen eines Druckes an das Implantat bei einer chirurgischen Insertion in ein Auge die Haptiken so komprimiert und die Optiken derart gewölbt werden, dass hierdurch ein Kontakt mit der Iris und den sonstigen anatomischen Körpern im Auge vermieden und ferner ein Blutzufuhr in den anatomischen Winkel des Auges nicht abgeschnitten wird, wenn die Haptiken darin implantiert sind.

[0024] Bei einer Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Implantat mit einem Arzneimittel beschichtet, das ein verträgliches sulfatiertes Polysaccharid enthält, wie es hierin und auch in US 5 652 014 A sowie US 6 143 028 A offenbart ist.

[0025] Ebenfalls offenbart ist hierin ein Verfahren zur Korrektur von Brechungsfehlern, die durch Hyperopie bei einem behandlungsbedürftigen Patienten verursacht werden, wobei dieses Verfahren eine chirurgische Implantation und Verankerung in der Vorderkammer eines phaken Auges eines positiv brechenden Vorderkammerokularimplantats umfasst, das eine positive künstliche Brechungslinse mit wenigstens einer konvexen Oberfläche und ein Mittel zur Positionierung der positiven Brechungslinse in der Vorderkammer des Auges enthält, wobei ein Kontakt zwischen der positiven Brechungslinse und anderen anatomischen Körpern vermieden wird und das Mittel zur Positionierung der Linse einen Kontakt mit der Iris und dem Corneaendothel vermeidet. Dieses Implantat wird im anatomischen Winkel der Vorderkammer des phaken Auges verankert.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0026] Die [Fig. 1](#) zeigt eine Querschnittsansicht eines Auges, das ein erfindungsgemäßes bikonvexes Vorderkammerokularimplantat enthält, welches in den Augenwinkel eines phaken Auges implantiert ist.

[0027] Die [Fig. 2](#) zeigt eine Draufsicht auf eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßigen Vorderkammerokularimplantats, bei welchem die positiv brechende Linse bikonvex ist.

[0028] Die [Fig. 3](#) zeigt eine Seitenansicht der Ausführungsform von [Fig. 2](#).

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0029] Gegenstand der Erfindung ist ein positiv brechendes Vorderkammerokularimplantat für ein phakes Auge gemäß Anspruch 1.

[0030] Entsprechend der vorliegenden Beschreibung und Patentansprüche bezieht sich die Bezeichnung positiv brechendes Vorderkammerokularimplantat speziell auf eine positive Brechungslinse und ein Mittel zur Positionierung dieser Linse, was zusammen chirurgisch in das phake Auge implantiert werden kann, um hierdurch Brechungsfehler zu kompensieren und/oder zu korrigieren, wobei aber speziell Intraokularlinsen ausgenommen sind, die chirurgisch in das aphake Auge insertiert werden, wie dies beispielsweise beschrieben ist in US 4 240 163 A.

[0031] Die Erfindung beruht zum Teil auf der Erkenntnis, dass die Vorderkammer eines phaken Auges einer Person mit Hyperopie über genügend Platz verfügt, um darin die erfindungsgemäß positiv brechende Vorderkammerintraokularlinse anzurordnen. Speziell haben etwa 75 % der Personen mit Hyperopie eine Vorderkammer mit einer Tiefe von wenigstens 2,7 bis 2,8 mm.

[0032] Entsprechend der Erfindung, wie sie in der [Fig. 1](#) gezeigt ist, hat das repräsentative positiv brechende Vorderkammerokularimplantat 1 zwei Haptiken 2 und 3 integral mit der positiven Brechungslinse 4, so dass nach Implantation in die Vorderkammer 7 des Auges 8 die Linse 4 durch die Haptiken so positioniert und ge-

halten wird, dass ein Kontakt zwischen der Linse und anderen anatomischen Körpern vermieden wird, wie der anatomischen Linse **9**, der Iris **11** und dem Corneaendothel **10**. Sowohl die vordere Oberfläche **5** als auch die hintere Oberfläche **6** der Linse **4** sind konvex. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Haptiken **2** und **3** in den anatomischen Winkel **19** des Auges implantiert.

[0033] Der optische Teil des nicht beschichteten brechenden Implantats, welches bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird, wird gewöhnlich als die Linse oder die Optik **4** bezeichnet und ist vorzugsweise hergestellt aus Verbindungen, wie Polymethylmethacrylat, Poly-2-hydroxyethylmethacrylat, Methylmethacrylatcopolymeren, Siloxanylalkyl-, Fluoralkyl- und Arylmethacrylaten, Silicon, Siliconelastomeren, Polysulfonen, Polyvinylalkoholen, Polyethylenoxiden, Copolymeren von Fluoracrylaten und Fluormethacrylaten und Polymeren und Copolymeren von Hydroxyalkylmethacrylaten, wie 2-Hydroxymethylmethacrylat, Glycerylmethacrylat, 2-Hydroxypropylmethacrylat und auch Methacrylsäure, Acrylsäure, Acrylamid, Methacrylamid, N,N-Dimethylacrylamid und N-Vinylpyrrolidon. Die künstliche Brechungslinse **4** der Erfindung kann in Abhängigkeit von der jeweils gewählten Zusammensetzung der Linsen faltbar (biegsam) oder starr sein.

[0034] Die erfindungsgemäße positive Brechungslinse hat eine Linsenform mit zwei brechenden Oberflächen, nämlich einer vorderen und einer hinteren Oberfläche, so dass die kombinierte Brechkraft der beiden Oberflächen plus oder positiv ist. Zur Korrektur einer Hyperopie werden typischerweise Linsen mit wenigstens einer konvexen Oberfläche verwendet. Die andere Oberfläche kann planar, konvex oder konkav sein. Erfindungsgemäß sind beide Oberflächen konkav.

[0035] Der Fachmann weiß, dass es bei einer Positionierung eines Implantats in der Vorderkammer des phaken Auges wichtig ist, dass unter anderem ein Kontakt zwischen dem Implantat und der anatomischen Linse in der Vorderkammer vermieden wird. Bei der vorliegenden Erfindung sind die Wölbungs- und Sagittalwerte des Implantats und das Mittel zur Positionierung des optischen Teils des Implantats in der Vorderkammer des Auges integral, dass hierdurch ein Kontakt zwischen sonstigen anatomischen Körpern vermieden wird. Der Wölbungswert ist gemessen in Relation zu einer flachen Oberfläche, auf welcher die Haptiken ruhen können, und zur hinteren Oberfläche der Optik, wenn sich das Implantat in einer Ruheposition oder im Auge implantiert befindet. Der Sagittalwert ist gemessen in Relation zu einer flachen Oberfläche, auf welcher die Haptiken ruhen können, und zur vorderen Oberfläche der Optik, wenn sich das Implantat in einer Ruheposition oder im Auge implantiert befindet.

[0036] Die Mittel zur Positionierung des Implantats in der Vorderkammer des phaken Auges sind Haptiken, welche so gebaut sind, dass hierdurch das Implantat im anatomischen Winkel des Auges verankert wird. Erfindungsgemäß hat jede Haptik eine S Konfiguration, wie dies in der [Fig. 2](#) gezeigt ist, wobei der äußere Teil der S Konfiguration **15** der Haptik konkav ist in Relation zum Auflagekontakt des Winkels, um so nur eine Vierpunktauflage **20** der Haptiken zu ermöglichen und einen Haptikwinkelkontakt zu verhindern, was zu einer Synchiebildung und einer Pupillendistortion führen würde. Diese Rückwärtskrümmung **15** der Haptiken **2** und **3** sollte innerhalb der äußeren flachen Kontaktbene liegen, wie dies ebenfalls der [Fig. 2](#) zu entnehmen ist.

[0037] Entsprechend der Darstellung in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) sollten die Haptiken **2** und **3** die Linse **4** in der Vorderkammer des Auges unter einem Wölbungswert **17** aufhängen, der im Bereich von 0,8 mm bis 1,2 mm, vorzugsweise von 1,0 mm, liegt, so dass ein Kontakt der positiven Brechungslinse mit der natürlichen kristallinen Linse oder der Iris vermieden wird, wie dies in [Fig. 3](#) gezeigt ist. Ein Sagittalwert, der einer minimalen Versetzung der Optik entspricht, ist bevorzugt. Die maximalen Sagittalwerte liegen im Bereich von 1,2 mm bis 1,75 mm.

[0038] Weiter sind die Haptiken **2** und **3** vorzugsweise aus einem hochflexiblen Material hergestellt, das unterschiedliche Krümmungswerte aufweist. Die Haptiken können aus dem gleichen Material hergestellt werden, wie dies oben für den optischen Teil des Implantats beschrieben worden ist, oder auch aus Materialien gefertigt werden, wie Polypropylen. In Abhängigkeit von der jeweils gewählten Zusammensetzung kann die Biegbarkeit (Flexur) der Haptiken variiert werden.

[0039] Eine Komprimierbarkeit der Haptiken lässt sich erreichen durch einen solchen strukturellen Aufbau, dass die Mittelbügel **12** der Haptiken eine Länge von etwa 5,25 mm haben, wie dies in der [Fig. 2](#) gezeigt ist, so dass der Außendurchmesser abnimmt, wenn sich die Haptik nach innen bewegt, und die Veränderung des Wölbungswerts begrenzt ist. Es wurde nämlich erkannt, dass eine größere Länge des Mittelbügels das Verhältnis zwischen einer Wölbung und einer Kompression erniedrigt. Eine einzigartige Biegbarkeit des erfindungsgemäßen Implantats lässt sich erreichen durch Verlängerung der Länge der Mittelbügel **12** und Dünnermachung des Übergangs (Ansatzes) von der Haptik zur Optik, wodurch eine Axialversetzung während einer

Kompression reduziert wird. Der lange Mittelbügel führt zu einer dramatischen Erniedrigung der Kompressionskraft auf das Gewebe im Augenwinkel, so dass eine Blutzufuhr zum anatomischen Winkel nicht abgeschnitten und eine anschließende Nekrose des Winkelgewebes mit der Folge vermieden wird, dass die Architektur der Iris nicht verbogen wird.

[0040] Erfindungsgemäß ist jede Haptik normal zu den Optiken **13** und **14** ausgerichtet, wie dies in [Fig. 2](#) gezeigt ist, und weist überhaupt keine Blendzone oder Höcker auf. Dieser Übergang maximiert die Länge der Bügel, bringt alle Torsionen (Torque) auf die gleiche Linie, so dass ein stabiles Paar unter Reduktion einer Kantung (Tilt) gebildet wird, und reduziert merklich störende optische Transienten und Torsions/Kantungs-Transi-
tionen, welche zu einer ernsten Schädigung des Auges führen könnten. Die Transition verringert ferner Blendeffekte, ermöglicht einen großen Durchmesser der Optik mit einem Maximum an Gesamtdistanz und reduziert die Masse der Optik.

[0041] Die Bauform der Haptik mit einer langen Länge des Mittelbügels und die Bauform der Haptik normal zur Optik tragen jeweils bei zu einem verringerten Risiko einer Schädigung der Endothelzellen, einem verringerten Risiko einer Schädigung der natürlichen Linse während und nach einer chirurgischen Implantation in die Vorderkammer eines phaken Auges, einem reduzierten Blenden und Haloieren und einer reduzierten Ovalisierung der Pupille.

[0042] Wie der [Fig. 2](#) zu entnehmen ist, ist die Transition zwischen der Haptik und dem Optikkörper glatt in einer konkaven Art und Weise, ohne irgend einen Höcker- oder Hügeleffekt und ohne irgend eine Blend- oder Verbindungszone zwischen jeder Haptik **2** und **3** und der Optik **4** – der Haptikeingang liegt normal zur Optik – wie dies bei **13** und **14** gezeigt ist. Ferner ist jede Haptik **2** und **3** so mit der Optik **4** verbunden, dass jede Haptik in einer Art und Weise angewinkelt ist, welche nicht perpendikular zur Optik **4** ist, wie dies in [Fig. 3](#) gezeigt ist. Die Positionslinie **16** zeigt eine Position, in welcher die Haptiken perpendikular zur Optik sein würden, falls sie längs dieser Linie befestigt wären. Der Blendradius, d.h. das Ausmaß der Krümmung, nämlich die Transitionen zwischen der Haptik und der Optik, liegt zwischen minimal 0,1 mm und 0,4 mm, wobei ein engerer Blendradius bevorzugt ist. Sowohl in der horizontalen Ebene als auch der vertikalen Ebene ist der Blendradius zwischen der Optik und jeder Haptik vorzugsweise ein rechter Winkel. Ein rechter Winkel ist aber mit herkömmlichen Geräten nicht zu erreichen, so dass derzeit ein Blendradius von 0,2 mm die bevorzugte Ausführungsform ist.

[0043] Die Bauform der Haptiken ist auf eine Länge des Mittelbügels **12** von etwa 5,25 mm ausgelegt, was eine Kompression der Haptik unter einer nur begrenzten Veränderung der Wölbung erlaubt. Eine erhöhte Elastizität der Haptik durch Verengung der Haptik an der Transition zwischen der Haptik und der Optik auf eine Stärke im Bereich von 0,25 mm bis 0,35 mm in Kombination mit einer Erhöhung der Länge des Mittelbügels trägt ferner dazu bei, Veränderungen der Krümmung zu beschränken und eine Kompressionskraft zu verringern. Darüber hinaus sorgt ein Wölbungswert im Bereich von 0,8 bis 1,2 mit einem maximalen Sagittalwert im Bereich von 1,3 mm bis 1,75 mm dafür, dass irgendwelche begrenzte Veränderungen der Wölbung, welche auftreten können, keine Schädigung anderer anatomischer Körper hervorrufen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Mittel zur Positionierung der Linse Haptiken, die sich etwa 1 mm komprimieren und bei denen die Wölbung der Optik der anatomischen Linse auf etwa 0,1 mm begrenzt ist. Eine solche Bauform der Haptik schließt eine Nekrose des Winkelgewebes aus und verformt die Architektur der Iris nicht.

[0044] Positive Vorderkammerokularimplantate, welche erfindungsgemäß hergestellt worden sind, haben einen mittleren omega-Wert von 12 bis 14 mm und einen optischen Durchmesser von 5 bis 7 mm. ein omega-Wert ist der Gesamtdurchmesser eines Behältnisses, in das das Implantat gegeben werden kann. Die Dicke des Zentrums des optischen Teils des Implantats kann im Bereich von etwa 0,2 mm bis 0,52 mm im Zentrum der Optik und von 0,1 mm bis 0,3 mm um die Peripherie der Optik herum liegen, wobei diese Bereich abhängig sind von der Brechkraft.

[0045] Bei einer alternativen, aber nicht beschränkenden Ausführungsform kann das erfindungsgemäße positiv brechende Vorderkammerokularimplantat beschichtet sein. Eine solche Beschichtung kann irgend ein verträgliches sulfatiertes Polysaccharid als Arzneimittel enthalten. Vorzugsweise wird diese Beschichtung ausgewählt aus der Gruppe, die besteht aus Heparin, Heparinsulfat, Chondroitinsulfat, Dermatansulfat, Chitosansulfat, Xylansulfat, Dextransulfat und sulfatiertes Hyaluronsäure. Heparin ist als Beschichtung besonders bevorzugt, und zwar Heparin mit einem Molekulargewicht im Bereich von etwa 2500 bis 15 000 Dalton. Im Handel erhältliches Heparin, welches gewöhnlich ein Molekulargewicht von 12 000 bis etwa 15 000 Dalton hat, kann aber zu einer Plättchenagglutination führen. Infolgedessen kann ein Heparin mit einem niedrigeren Molekulargewicht, wie ein Derivat oder eine Fraktion, mit einem Molekulargewicht im Bereich von etwa 2 500 bis 10 000 Dalton, am bevorzugtesten von etwa 2500 bis etwa 5300 Dalton und sogar noch etwas höher, geeigneter sein.

Diese niedermolekularen Heparine können hergestellt werden durch enzymatische Hydrolyse oder Depolymerisation von Heparin mit Heparinase, wie dies beispielsweise beschrieben ist in US 3 766 167 A, oder durch Depolymerisation von entweder Heparinresiduen oder von handelsüblichem Schweine- oder Rinderheparin durch Umsetzung des Heparinmaterials mit einem Gemisch aus Ascorbinsäure und Wasserstoffperoxid und durch anschließende Isolierung und Fraktionierung der dabei erhaltenen Reaktionsprodukte durch Ausfällung unter Verwendung eines organischen Lösemittels, wie Ethanol, Methanol, Aceton oder Methylethylenketon. Im Handel erhältliches Heparin kann auch chemisch unter Verwendung von salpetriger Säure unter Bildung von niedrigmolekularem Heparin gespalten werden, einschließlich Heparin mit einem Molekulargewicht im Bereich von etwa 2 500 bis 10 000 Dalton, vorzugsweise von 2 500 bis 5 300 Dalton.

[0046] Die Beschichtung des Implantats kann unter Anwendung von dem Fachmann bekannten Verfahren auf die Oberfläche des Implantats gebunden werden, beispielsweise gemäß US 5 652 014 A, und zwar vorzugsweise in einer Art und Weise, dass die Beschichtung auf die Implantatoberfläche mittels kovalenter Bindung, ionischer Bindung oder Wasserstoffbindung gebunden wird, wobei eine kovalente Bindung besonders bevorzugt ist.

[0047] Alternativ kann die Oberfläche des Implantats auch zuerst mit einem Plasma behandelt werden, um hierdurch eine Amin enthaltende Oberfläche, eine Carbonsäure enthaltende Oberfläche oder eine aktive oder passive freie Radikale enthaltende Oberfläche zu erzeugen, worauf die Implantatoberfläche zur Beschichtung mit Heparinverbindungen oder Derivaten hiervon behandelt wird.

[0048] Bei einer bevorzugten, aber nicht beschränkenden Ausführungsform wird die Oberfläche des Implantats mit einem bioverträglichen Polysaccharidarzneimittel beschichtet, was durch Befestigung von Endgruppen auf dem Implantat erfolgt.

[0049] Das Verfahren zur Beschichtung des erfindungsgemäßen Implantats mit einem Arzneimittel kann nach irgend einer geeigneten und bekannten Beschichtungstechnik, beispielsweise durch Tauchbeschichtung, Sprühbeschichtung und dergleichen, unter Verwendung einer geeigneten Lösung oder Dispersion des Arzneimittels erfolgen, welches in einem geeigneten Lösemittel oder Dispergiermittel gelöst oder dispergiert ist, wie Wasser, Ethanol und dergleichen, wobei das Lösemittel die Optiken des Linsematerials natürlich nicht beeinträchtigen soll. Die zur Beschichtung verwendete Lösung oder Dispersion hat eine herkömmliche Konzentration an Arzneimittel, die der jeweils gewählten Beschichtungstechnik entspricht. Nach der Aufbringung der Beschichtung auf das Implantat folgt typischerweise eine Trocknung, beispielsweise bei Raumtemperatur oder darüber. Erforderlichenfalls kann die Beschichtung wiederholt aufgebracht werden, damit sich eine Beschichtung mit dem gewünschten Gewicht und der gewünschten Dicke ergibt. Die Beschichtung soll die Transmission an sichtbarem Licht nicht beeinträchtigen, hat typischerweise eine Dicke im Bereich von etwa 1/100 000 mm bis 1/100 mm und macht etwa 1/10 000 Gew.-% bis etwa 1/10 Gew.-% des Implantats aus.

[0050] Zusammen mit der erfindungsgemäßen Beschichtung mittels eines verträglichen sulfatierten Polysaccharidarzneimittels können auch weitere Medikamente und sonstige Verbindungen angewandt werden. Bei einer Ausführungsform wird die Beschichtung beispielsweise zusätzlich mit Antithrombin komplexiert, um das beschichtete Implantat mit antikoagulierenden Eigenschaften zu versehen.

[0051] Die Monomere und/oder Polymere, aus denen das Vorderkammerokularimplantat besteht, können auch mit weiteren Verbindungen versetzt werden, welche eine Ultravioletstrahlung oder eine sonstige kurzwellige Strahlung absorbieren, beispielsweise eine Strahlung von unter etwa 400 nm. Bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Vorderkammerokularimplantats können auch andere Verbindungen verwendet werden, wie sie dem Fachmann wohl bekannt sind.

Beispiel 1

[0052] Repräsentative unbeschichtete positiv brechende Okularimplantate werden hergestellt aus Polymethylmethacrylat (PMMA), die jeweils eine Optik mit einem Durchmesser von 6 mm und einem omega-Wert von 13 mm haben. Die Stärke des Zentrums (TC) des optischen Teils eines jeden Implantats ist in der folgenden Tabelle 1 angegeben. Die Kantendstärke (TE) einer jeden Optik wird konstant auf 0,220 mm gehalten. Die hintere Oberfläche (RP) einer jeden Optik wird planar gehalten. Die vordere Oberfläche (RA) einer jeden Optik ist komplex und hat jeweils ein Ausmaß an Krümmung, wie es in der Tabelle 1 gezeigt ist. Die Wölbung einer jeden Optik wird auf 1,0 mm eingestellt. Das erwähnte Ausmaß einer positiven Brechung ist für jede Optik durch den Dioptrinwert angegeben. Die Sagittalwerte einer jeden hergestellten Optik sind ebenfalls in der Tabelle 1 angegeben. Die Haptiken einer jeden Optik sind aus PMMA gefertigt und haben eine Vierpunkt-S-Konfiguration.

Bei jeder Haptik hat der Mittelbügel eine Länge von 5,25 mm. Die Transition zwischen der Haptik und der Optik ist normal zur Optik mit einem Blendradius, der in der horizontalen und vertikalen Ebene von 0,1 bis 0,2 reicht. Jede der Haptiken ist auf eine Stärke im Bereich von 0,25 mm bis 0,35 mm verengt worden. Die Implantate werden so lange durch Taumeln poliert, bis sie vollständig glatt sind.

Tabelle 1

Implantat	TE (mm)	TC (mm)	RA (mm)	RP	Dioptrin	Wölbung (mm)	Sagitta
1	0,220	0,511	15,600	planar	10,0	1,0	1,511
2	0,220	0,496	16,421	planar	9,5	1,0	1,496
3	0,220	0,482	17,333	planar	9,0	1,0	1,482
4	0,220	0,467	18,353	planar	8,5	1,0	1,467
5	0,220	0,452	19,500	planar	8,0	1,0	1,452
6	0,220	0,437	20,800	planar	7,5	1,0	1,437
7	0,220	0,423	22,286	planar	7,0	1,0	1,423
8	0,220	0,408	24,000	planar	6,5	1,0	1,408
9	0,220	0,394	26,000	planar	6,0	1,0	1,394
10	0,220	0,379	28,364	planar	5,5	1,0	1,379
11	0,220	0,365	31,200	planar	5,0	1,0	1,365
12	0,220	0,350	34,667	planar	4,5	1,0	1,350
13	0,220	0,336	39,000	planar	4,0	1,0	1,336
14	0,220	0,321	44,571	planar	3,5	1,0	1,321
15	0,220	0,307	52,000	planar	3,0	1,0	1,307
16	0,220	0,292	62,400	planar	2,5	1,0	1,292
17	0,220	0,278	78,000	planar	2,0	1,0	1,278

Beispiel 2

[0053] Repräsentative Implantate der Tabelle 1 werden dann bezüglich ihrer Kompressionskraft, Axialversetzung, Dezentrierung, Kontaktwinkel und optischen Neigung geprüft. Es werden 18 Implantate entsprechend der Spezifikationen des Implantats 1 hergestellt, wie es im obigen Beispiel 1 beschrieben worden ist. Die Implantate werden einer Diametralkompression von 0,5 mm und einer Diametralkompression von 1,0 mm ausgesetzt. Die in g gemessenen Werte für die dabei erhaltenen Mittelwerte und Standardabweichungswerte sind in der folgenden Tabelle 2 gezeigt.

Tabelle 2

	Diametralkompression von 0,5 mm		Diametralkompression von 1,0 mm	
	Mittelwerte	Standardabw.	Mittelwerte	Standardabw.
Kompressionskraft	0,158	0,031	0,459	0,082
Axialversetzung	0,112	0,018	0,245	0,030
Dezentrierung	0,082	0,043	0,122	0,077
Kontaktwinkel	6,657	0,051	6,694	0,085
Optikkantung	0,987	0,506	0,719	0,447

Beispiel 3

[0054] Weiter wird ein Verfahren zur Korrektur von Brechungsfehlern beschrieben, welche durch Hyperopie verursacht werden, durch chirurgische Implantation und Verankerung eines positiv brechenden Vorderkammerokularimplantats in der Vorderkammer des phaken Auges eines behandlungsbedürftigen Patienten, wobei die positiv brechende künstliche Linse wenigstens eine konvexe Oberfläche hat und wobei ein Mittel zur Positionierung der positiv brechenden Linse in der Vorderkammer des Auges vorhanden ist. Durch dieses Verfahren wird ein Kontakt der positiv brechenden Linse und der anderen anatomischen Körper vermieden, wobei das Mittel zur Positionierung der Linse in der Vorderkammer einen Kontakt mit der Iris und dem Corneaendothel vermeidet.

[0055] Erfindungsgemäß hergestellte Implantate werden chirurgisch Patienten implantiert, welche in situ eine natürliche Linse haben, und im anatomischen Winkel der Vorderkammer des Auges verankert, was unter Anwendung traditioneller chirurgischer Techniken erfolgt. Die Patienten werden bezüglich einer Inflammation und Schädigung des Auges nach der Insertion untersucht. Nach einer chirurgischen Implantation und Verankerung kommt es zu keiner Inflammation oder Schädigung, wobei sich anschließend auch keine latente Schädigung beobachten lässt. Bei den Patienten lässt sich weder eine Ovalisierung der Pupille noch eine Haloierung unter schwachen Lichtzuständen beobachten, wobei bei keinem der Patienten eine Entfernung der positiv brechenden Vorderkammerokularimplantate notwendig ist.

[0056] Die hierin beschriebene und beanspruchte Erfindung ist in ihrem Schutzmfang nicht durch die beschriebenen speziellen Ausführungsformen beschränkt, welche lediglich als Beispiele mehrerer Aspekte der Erfindung zu betrachten sind. Alle äquivalenten Ausführungsformen sollen daher unter den Schutzmfang dieser Erfindung fallen. Verschiedene Abwandlungen der Erfindung zusätzlich zu denen, wie sie hierin gezeigt und beschrieben sind, werden dem mit der einschlägigen Technik vertrauten Fachmann durch die vorstehende Beschreibung offenbar. Solche Modifikationen sollen natürlich ebenfalls unter den Schutzmfang der Ansprüche fallen.

Patentansprüche

1. Vorderkammerokularimplantat zum Einsatz in die Vorderkammer eines phaken Auges, wobei dieses Implantat eine künstliche brechende Linse (4) und zwei Linsenhaptiken (2, 3) mit jeweils einer S Konfiguration umfasst, welche eine Vierpunktfixierung (20) zur Positionierung der Linse (4) in der Vorderkammer (7) des Auges aufweisen, worin ein Kontakt zwischen der künstlichen Linse (4) und der anatomischen Linse (9), der Iris (11) und dem Corneaendothel (10) vermieden wird und worin die Haptiken (2, 3) einen Kontakt mit der Iris (11) und dem Corneaendothel (10) vermeiden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linse (4) positiv brechend ist und zwei konvexe Oberflächen (5, 6) aufweist, jede Haptik normal zur Linse (4) am Linseneingang (13, 14) angeordnet ist und die Haptiken (2, 3) die künstliche Linse (4) in der Vorderkammer (7) des Auges mit einem Wölbungswert (17) von 0,8 mm bis 1,2 mm und mit einem Sagittalwert (18) von 1,3 bis 1,75 mm aufhängen.

2. Implantat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dieses Implantat mit einem sulfatierten Polysaccharid als Medikament beschichtet ist, das ausgewählt ist aus der Gruppe, die besteht aus Heparin, Heparinsulfat, Chondroitinsulfat, Dermatansulfat, Chitosansulfat, Xylansulfat, Dextransulfat und sulfatisierter Hyaluronsäure.

3. Implantat nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die künstliche Brechungslinse hergestellt ist aus Verbindungen, die aus der Gruppe ausgewählt sind, welche besteht aus Polymethylmethacrylat, Poly-2-hydroxyethylmethacrylat, Methylmethacrylatcopolymeren, Siloxanylalkyl-, Fluoralkyl- und Arylmethacrylaten, Silicon, Siliconelastomeren, Polysulfonen, Polyvinylalkoholen, Polyethylenoxiden, Copolymeren von Fluoracrylaten und Fluormethacrylaten, Polymeren und Copolymeren von Hydroxyalkylmethacrylaten, Methacrylsäure, Acrylamid, Methacrylamid, N,N-Dimethylacrylamid und N-Vinylpyrrolidon.

4. Implantat nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Brechungslinse faltbar ist.

5. Implantat nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Brechungslinse starr ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

