(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 16 097 T2** 2005.02.10

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 131 019 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 16 097.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/26368**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 960 241.0**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/27315**
(86) PCT-Anmeldetag: **09.11.1999**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **18.05.2000**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.09.2001**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **31.03.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.02.2005**

(51) Int Cl.[7]: **A61F 2/16**

(30) Unionspriorität:
189758 **10.11.1998** **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:
Advanced Medical Optics, Inc., Santa Ana, Calif., US

(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(72) Erfinder:
LANG, J., Alan, Long Beach, US; PORTNEY, Valdemar, Irvine, US; LAGUETTE, W., Stephen, Laguna Niguel, US

(54) Bezeichnung: **MULTIFOKALE AKKOMODATIONSFÄHIGE INTRAOKULARLINSE**

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 eingelegt, 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

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft intraokulare Linsen (IOLs). Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf IOLs, die mehrere Diopterstärken aufweisen und zusätzlich dazu geeignet ist, um eine Akkommodationsbewegung im Auge bereitzustellen.

[0002] Das menschliche Auge weist eine Anteriorkammer zwischen der Kornea und der Iris, eine Posteriorkammer, die durch einen Kapselhäutchensack definiert ist und eine transparente Linse enthält, eine Glaskörperkammer hinter der Linse, die das Glaskörpergewebe enthält und eine Netzhaut an der Hinterseite dieser Kammer auf. Das menschliche Auge weist eine natürliche Akkommodationsfähigkeit auf. Das Zusammenziehen oder die Kontraktion und die Entspannung des Ziliarmuskels stellt dem Auge die Kurz- bzw. Fernsicht bereit. Diese Ziliarmuskelwirkung formt die natürliche transparente Linse in die angemessene optische Konfiguration, um Lichtstrahlen, die auf die Netzhaut in das Auge eintreten, zu fokussieren.

[0003] Nachdem die natürliche transparente Linse z. B. aufgrund eines Kataraktzustandes oder anderer Zustände entfernt ist, kann eine herkömmliche Monofokal-IOL in der Posteriorkammer angeordnet werden. Solch eine konventionelle IOL weist wenn überhaupt eine sehr begrenzte Akkommodationsfähigkeit auf. Der Träger einer derartigen IOL wird jedoch weiterhin ein Bedürfnis haben, die Fähigkeit zu besitzen, sowohl nahe als auch ferne (beabstandete) Gegenstände sehen zu können. Korrigierende Brillen können als eine geeignete Lösung dienen. In letzter Zeit wurden auch Multifokal-IOLs ohne Akkommodationsbewegung verwendet, um die Sehkraftkorrektur bereitzustellen.

[0004] Versuche wurden unternommen, um IOLs mit einer Akkommodationsbewegung entlang der optischen Achse des Auges als eine Alternative zur Formänderung zu versehen. Beispiele für derartiger Versuche sind in Levy US-Patent 4,409,691 und einigen Patenten von Cumming, umfassend die US-Patente Nr. 5,674,282 und 5,496,366, beschrieben. Ein Problem, das mit IOLs besteht, die dazu geeignet sind, eine Akkommodationsbewegung in Richtung der Netzhaut des Auges und davon weg durchzuführen, besteht darin, dass sich die IOLs aufgrund der Raumbeschränkungen innerhalb des Auges oftmals nicht ausreichend bewegen können, um die gewünschte Akkommodation zu erreichen.

[0005] Die vorliegenden Erfinder sind sich keiner sogenannte Akkommodations-IOL bewusst, die den gewünschten Grad der Akkommodation bereitstellt.

[0006] Das Dokument US4994082A offenbart eine sich akkommodierende intraokulare Linse. Um die Akkommodation zu bewirken, sind entweder ein multifokaler Linsenkörper, der sich normal zu der optischen Achse bewegt, oder zwei einzelne Diopterlinsen, die sich relativ zueinander entlang der optischen Achse bewegen, und zwar auf die Akkommodationswirkung des Auges, vorgesehen.

[0007] Es wäre vorteilhaft, IOLs bereitzustellen, die zur Akkommodationsbewegung geeignet sind und einen erhöhten Akkommodationsgrad mit bereits erreichbaren Mengen der Akkommodationsbewegung erreichen können.

Zusammenfassung der Erfindung

[0008] Neue Akkommodations-IOLs wurden entdeckt. Die vorliegenden IOLs stellen eine erhöhte Akkommodation mit einem relativ begrenzten und bereits erreichbaren Grad der Akkommodationsbewegung bereit. Die vorliegenden Akkommodations-IOLs bedienen sich dem Vorteil einer oder mehrerer Komponenten und/oder anderer Merkmale des Auges, um die Akkommodationsbewegung bereitzustellen. Zum Beispiel kann die Akkommodationsbewegung durch die Wirkung des Ziliarmuskels des Auges und/oder die Zonuli des Auges und/oder durch den Glaskörperdruck in dem Auge bereitgestellt werden. Ferner weist die Optik oder der Linsenkörper der IOL mehrere unterschiedliche Diopterstärken bzw. optische Stärken (Engl.: optical powers) auf, d. h. er ist multifokal. Derartige Linsenkörper können lichtbrechend oder lichtbeugend sein.

[0009] Die Kombination einer IOL, die dazu geeignet ist, mit dem Auge zusammenzuwirken, um eine Akkommodationsbewegung bereitzustellen und einen Multifokal-Linsenkörper aufweist, stellt wesentliche Vorteile bereit. Zum Beispiel erlaubt der Multifokal-Linsenkörper eine wesentlich erhöhte effektive oder scheinbare Akkommodation mit einem bereits erreichbaren Betrag der Akkommodationsbewegung in dem Auge. Durch Bereitstellen einer IOL mit einer Kurzsichtkorrekturstärke, sowie einer Zwischen- und/oder Grundlinien- und/oder Fernsichtkorrekturstärke kann eine erhöhte scheinbare Akkommodation z. B. in der Größenordnung von ungefähr 3,5 Dioptrie Akkommodation, insbesondere zum Sehen naher Gegenstände mit relativ begrenzten Mengen der Akkommodationsbewegung der IOL erreicht werden. Zusätzlich steht die Akkommodationsbewegung der vorliegenden IOLs vorzugsweise für eine verbesserte Zwischensehkraft und vorteilhafter Weise einen größeren Bereich der Kurzsicht, verglichen mit momentanen Multifokal-IOLs, die zu einer wesentlichen Akkommodationsbewegung nicht geeignet sind. Die vorliegenden IOLs sind gradlinig in ihrem Aufbau und setzen herkömmliche oder standardisierte IOL-Werkstoffe ein, sind leicht herzustellen und in dem Auge

zu implantieren und sie stellen herausragende Ergebnisse bereit.

[0010] Gemäß einem breiten Aspekt der Erfindung sind IOLs vorgeschlagen, die einen Linsenkörper umfassen, der dimensioniert und dazu geeignet ist, um in einem Säugetierauge, z. B. einem menschlichen Auge, platziert zu werden. Dieser Linsenkörper weist mehrere unterschiedliche Diopterstärken bzw. optische Stärken auf, d. h. der Linsenkörper ist multifokal. Die IOLs umfassen ferner eine Bewegungsanordnung, die mit dem Linsenkörper der IOL verbunden ist. Die Bewegungsanordnung ist dazu geeignet, um mit dem Säugetierauge zusammenzuwirken, um eine Akkommodationsbewegung des Linsenkörpers in dem Auge zu bewirken. Somit wird der Träger der vorliegenden IOLs mit Akkommodationsvorteilen ausgestattet, die aus dem Multifokallinsenkörper und der Akkommodationsbewegung des Linsenkörpers herrühren.

[0011] Bei einer geeigneten Ausführungsform weist der Linsenkörper eine erste Diopterstärke für Kurzsicht und eine zweite Diopterstärke für Fernsicht auf. Optional kann der Übergang zwischen der Kurzsicht-Diopterstärke und der Fernsicht-Diopterstärke progressiv sein. Der Linsenkörper kann eine dritte Diopterstärke zwischen der ersten und zweiten Diopterstärke aufweisen.

[0012] Der Linsenkörper umfasst vorzugsweise mehrere unterschiedliche Bereiche, die jeweils eine unterschiedliche Diopterstärke aufweisen. Bei einer sehr geeigneten Ausführungsform umfasst der Linsenkörper mehrere ringförmige Zonen, die sich von der Mittel- oder optischen Achse des Linsenkörpers radial nach außen erstrecken. Der Linsenkörper der vorliegenden IOLs kann die optischen Eigenschaften der Optiken nach Portney US-Patenten 4,898,461 und 5,225,858 aufweisen.

[0013] Die Bewegungsanordnung ist vorzugsweise dazu geeignet, um mit dem Ziliarmuskel und/oder den Zonuli des Säugetierauges und/oder mit dem Glaskörperdruck in dem Auge zusammenzuwirken, um die Akkommodationsbewegung des Linsenkörpers in dem Auge zu bewirken. Weiter bevorzugt ist die Bewegungsanordnung dazu geeignet, um mit dem Ziliarmuskel und/oder den Zonuli des Säugetierauges und/oder mit dem Glaskörperdruck in dem Auge zusammenzuwirken, um den Linsenkörper relativ zu der Netzhaut des Auges in Richtung einer ersten Position zu bewegen, z. B. wenn der Ziliarmuskel entspannt ist und in Richtung einer anderen zweiten Position, z. B. wenn der Ziliarmuskel zusammengezogen oder kontraktiert ist. Die erste Position des Linsenkörpers erhöht vorzugsweise die Weitsicht bzw. Fernsicht, wohingegen die zweite Position des Linsenkörpers vorzugsweise die Kurzsicht verbessert. Bei einer Ausführungsform umfasst die Bewegungsanordnung wenigstens ein Vorspannungselement, das mit dem Linsenkörper gekoppelt ist. Das Vorspannungselement kann eine Feder oder ein ähnliches Element sein. Die Bewegungsanordnung kann derart ausgestaltet sein, wie es in Levy US-Patent Nr. 4,409,691, auf das bereits zuvor Bezug genommen wurde, offenbart ist.

[0014] Die Bewegungsanordnung kann wenigstens ein Befestigungselement umfassen und vorzugsweise mehrere Befestigungselemente mit einem mit dem Linsenkörper gekoppelten proximalen Endbereich und einem sich von dem Linsenkörper weg erstreckenden distalen Endbereich, der dazu geeignet ist, einen Kapselhäutchensack, z. B. den posterioren Kapselhäutchensack des Säugetierauges zu kontaktieren. Bei dieser Ausführungsform erfolgt die Wirkungsweise des Auges z. B. des Ziliarmuskels und/oder der Zonuli vorzugsweise direkt auf das Befestigungselement oder die Befestigungselemente, welche die Kraft auf den Linsenkörper übertragen und so die Akkommodationsbewegung des Linsenkörpers verursachen. Eine repräsentative Bewegungsanordnung mit Befestigungselementen ist in den zuvor erwähnten Cumming-Patenten ausgeführt. Einer oder mehrere unterschiedliche Ansätze können eingesetzt werden, um den distalen Endbereich des Befestigungselements mit dem Kapselhäutchensack zu koppeln. Beispiele derartiger Ansätze umfassen die Verwendung von Klebemitteln, der Kapselhäutchenfibrose, Nähen und ähnlichen Operationstechniken und Kombinationen davon. Werden Befestigungselemente oder ein Befestigungselement verwendet, um die Kraft des Auges auf den Linsenkörper zu übertragen, um die Akkommodationsbewegung zu bewirken, werden die Befestigungselemente oder das Befestigungselement vorzugsweise an dem Auge und insbesondere an dem Kapselhäutchensack des Auges befestigt und mehr bevorzugt fest befestigt.

[0015] Bei einem anderen breiten Aspekt der vorliegenden Erfindung sind kombinierte Linsensysteme bereitgestellt, die eine IOL, wie sie oben diskutiert wurde, enthalten, die einen multifokalen Linsenkörper und eine Bewegungsanordnung aufweisen; und zusätzlich ein Linsenelement enthalten, das zur Implantation in dem Auge geeignet ist; vorzugsweise in einer im wesentlichen festgelegten Position in dem Auge, z. B. geeignet zur Implantation in dem Kapselhäutchensack des Auges, mehr bevorzugt in Kontakt mit dem Kapselhäutchensack, z. B. dem posterioren Kapselhäutchensack oder dem Äquator des Kapselhäutchensacks des Auges.

[0016] Das Linsenelement ist vorzugsweise dazu geeignet, das Zellenwachstum in dem posterioren Kapselhäutchensack in dem Raum der durch den Kapselhäutchensack des Auges definiert wird, zu reduzieren. Somit ist das Linsenelement wirkungsvoll

beim Reduzieren einer sekundären Trübung, die als das Ergebnis der Implantation der IOL auftreten kann.

[0017] Der Linsenkörper und das Linsenelement der oben erwähnten Linsenkombination weisen jeweils eine optische Achse und einen maximalen Querschnittsbereich senkrecht zu der optischen Achse auf. Das Linsenelement kann einen größeren oder kleineren maximalen Querschnittsbereich senkrecht zu der optischen Achse als der Linsenkörper aufweisen. Das relativ große oder breite Linsenelement erleichtert das Behindern des Zellenwachstums in dem durch den Kapselhäutchensack gebildeten Raum. Eine derartige Behinderung ist vorzugsweise ausreichend, um zu erlauben, dass der multifokale Linsenkörper dem Träger der Linsenkombination die gewünschte Sehkraftkorrektur ohne wesentliche Beeinflussung durch ein derartiges Zellenwachstum bereitstellt. Das Linsenelement weist vorzugsweise eine einzelne Diopterstärke auf. Vorzugsweise sind sowohl die intraokulare Linse als auch das Linsenelement der Kombination zur Implantation in dem posterioren Kapselhäutchensack des Säugetierauges geeignet, wobei der Linsenkörper anterior des Linsenelements angeordnet ist. Um einen verbesserten Stabilitätsgrad zwischen der IOL und dem Linsenelement zu erreichen, können mehrere oder ein Filament oder andere Strukturen zwischen dem Linsenkörper und dem Linsenelement angeordnet sein, um die Ausrichtung zwischen diesen beiden Komponenten wesentlich zu erleichtern.

[0018] Sämtliche Merkmale oder Kombinationen der Merkmale, die hier beschrieben wurden, sind im Umfang der vorliegenden Erfindung enthalten, vorausgesetzt, dass diese Merkmale einer derartigen Kombination nicht gegenseitig inkonsistent sind.

[0019] Zusätzliche Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden in der folgenden Beschreibung und den Patentansprüchen ausgeführt, insbesondere wenn diese in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen betrachtet werden, in denen gleiche Teile gleiche Bezugszeichen tragen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0020] **Fig.** 1 ist ein vorderer Aufriss einer intraokularen Linse gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0021] **Fig.** 2 ist eine Querschnittsansicht der intraokularen Linse, die in **Fig.** 1 dargestellt ist;

[0022] **Fig.** 3 ist ein Graph der Stärke des Linsenkörpers der in **Fig.** 1 dargestellten IOL gegenüber einem Abstand von der optischen Achse der IOL;

[0023] **Fig.** 4 ist eine aufgebrochene Querschnittsansicht eines Auges, in das die intraokularen Linse aus **Fig.** 1 implantiert wurde;

[0024] **Fig.** 5 ist eine aufgebrochene Querschnittsansicht eines Auges, in das eine Linsenkombination gemäß der vorliegenden Erfindung implantiert wurde;

[0025] **Fig.** 6 ist ein vorderer Aufriss einer anderen Ausführungsform einer intraokularen Linse gemäß der vorliegenden Erfindung.

Genaue Beschreibung der Zeichnungen

[0026] Bezug nehmend auf die **Fig.** 1 und 2 umfasst eine intraokulare Linse (IOL) gemäß der vorliegenden Erfindung, die im allgemeinen bei **10** dargestellt ist, einen multifokalen Linsenkörper **12** mit mehreren Diopterstärken, wie es im folgenden beschrieben wird. Sich radial erstreckende Streben **16** sind integral mit dem Linsenkörper **12** gegossen und an ihren äußeren Enden durch bogenförmige Randabschnitte **18** begrenzt. Die Streben **16** sind lang genug, so dass die Randabschnitte **18** in leichtem Druckkontakt mit dem Umfang des posterioren Kapselhäutchensacks stehen, wenn die Linse **10** in dem Auge implantiert ist.

[0027] Der Linsenkörper **12** kann aus starren biologisch verträglichen Materialien, wie beispielsweise Polymethylmethacrylat (PMMA) oder flexiblen, deformierbaren Materialien, wie Silikonpolymerwerkstoff, Acrylpolymerwerkstoff, Hydrogelpolymerwerkstoff und ähnlichen, die ermöglichen, dass der Linsenkörper gerollt oder gefaltet wird, um durch einen kleinen Schnitt in das Auge eingeführt zu werden, aufgebaut sein. Obwohl der Linsenkörper **12** als ein Licht brechender Linsenkörper dargestellt ist, können die vorliegenden IOLs einen Licht beugenden Linsenkörper umfassen und eine derartige Ausführungsform ist im Umfang der vorliegenden Erfindung enthalten.

[0028] Unter besonderer Bezugnahme auf **Fig.** 3 weist der Linsenkörper **12** einen Zentralbereich **28** auf, innere und äußere ringförmige Nahbereiche **29** und **30** und ringförmige Fernbereiche **31**, **32** und **33**. Bei dieser Ausführungsform ist der zentrale Bereich **28** kreisförmig und die Umfänge der ringförmigen Bereiche **29** bis **33** sind kreisförmig. Die ringförmigen Bereiche **29** bis **33** umgeben den zentralen Bereich **28** und die Bereiche grenzen aneinander an. Die Bereiche **29** bis **33** sind konzentrisch und koaxial zu dem Linsenkörper **12**.

[0029] Die Bereiche **28** bis **33** werden in der Beschreibung der Sehkraftkorrekturstärke des Linsenkörpers **12** verwendet und sie sind willkürlich definiert. Somit können die Umfänge der Bereiche und die Anzahl der Bereiche, je nachdem wie es gewünscht wird, ausgewählt werden. Obwohl die Grenzen der Bereiche durch die Phantomlinien in **Fig.** 1

dargestellt sind, ist ersichtlich, dass der Linsenkörper **12** keine derartigen Linien in einer seiner Oberflächen aufweist und dass diese Linien lediglich zu darstellenden Zwecken vorgesehen sind.

[0030] Bei der Ausführungsform der **Fig.** 1 und 2 weist der Linsenkörper **12** eine konvexe anteriore Fläche **25** und eine planare posteriore Fläche **27** auf; diese Konfigurationen sind jedoch lediglich darstellend. Obwohl die Sehkraftkorrekturstärke auf einer der beiden Flächen **25** oder **27** angeordnet sein kann, ist bei dieser Ausführungsform die Anteriorfläche **25** geeigneter Weise geformt, um die gewünschten Sehkraftkorrekturstärken bereitzustellen.

[0031] **Fig.** 3 zeigt die bevorzugte Art und Weise, in der die Sehkraftkorrekturstärken des Linsenkörpers **12** von der Mitte der optischen Achse **39** der Optik zu dem kreisförmigen äußeren Umfang **41** der Optik variieren. In **Fig.** 3 stellt die vertikale oder "Y" Achse die Änderung der Diopterstärke des Linsenkörpers **12** von der Grundlinie oder Fernsichtkorrekturstärke dar und die "X" oder horizontale Achse zeigt den Abstand von der optischen Achse **39** nach außen in Millimetern. So ist die Nulldiopter- oder Grundlinienstärke aus **Fig.** 3 die Stärke, die für eine Fernsicht oder Weitsicht für eine IOL notwendig ist. Die Stärkenänderung, die in **Fig.** 3 dargestellt ist, ist anwendbar auf jegliche radiale Ebene, die durch die optische Achse **39** verläuft. Mit anderen Worten ist die Stärke an jedem gegebenen radialen Abstand von der optischen Achse **39** die gleiche.

[0032] Der zentrale Bereich **28** erstreckt sich von der optischen Achse **39** zu einem kreisförmigen Umfang **43**, wobei der innere ringförmige Nahbereich **29** als sich von dem Umfang **43** zu einem kreisförmigen Umfang **44** erstreckend anzusehen ist und der äußere ringförmige Nahbereich als sich von einem Umfang **45** zu einem Umfang **46** erstreckend anzusehen ist. Der ringförmige Fernbereich **31** erstreckt sich zwischen den Umfängen **44** und **45** und der ringförmige Fernbereich **32** erstreckt sich von dem Umfang **46** radial zu einem Umfang **47** nach außen. Der ringförmige Bereich **33** erstreckt sich von dem Umfang **47** radial nach außen zu dem äußeren Umfang **41** des Linsenkörpers **22**.

[0033] Wie es in **Fig.** 3 dargestellt ist, schneidet die Sehkraftkorrekturstärke die "X" Achse oder Grundlinie an den Umfängen **43**, **44**, **45**, **46** und **47**.

[0034] Wie es in **Fig.** 3 dargestellt ist, variiert die Sehkraftkorrekturstärke von einer negativen Diopterstärke an der optischen Achse **39** über eine Grundliniendiopter-Korrekturstärke zu einem Scheitelpunkt **48** und senkt sich dann kontinuierlich und progressiv von dem Scheitelpunkt **48** über die Grundliniendiopterkorrektur zu einer anderen negativen Diopterstärke in einem Punkt **49** zurück ab. Die negativen Dioptersträrken an der optischen Achse und dem Punkt **49** sind von einer niedrigeren Stärke als sie für die Fernsicht benötigt würde und können als Fern, Fern-Sehkraftkorrekturstärken angesehen werden. Von dem Punkt **49** erhöht sich die Sehkraftkorrekturstärke über den Umfang **43** in den inneren ringförmigen Nahbereich **29**. Selbstverständlich sind die auf der Ordinate in **Fig.** 3 dargestellten Dioptrien lediglich beispielhaft und die tatsächlich durch die mehreren Diopterstärken bereitgestellte Korrektur wird variieren und z. B. von dem Grad der Akkommodationsbewegung die erreicht wird und von den Bedürfnissen des Patienten abhängen.

[0035] Der Scheitelpunkt **48** weist eine Sehkraftkorrekturstärke für eine Zwischensicht auf. Die Zwischensichtkorrektur kann als in einem Bereich **50** gelegen angesehen werden, welcher zwischen 0,5 und 0,75 Dioptrie von der grundlegenden Diopterstärke liegen kann. Die Fernsichtkorrekturstärken können als zwischen dem Bereich **50** und der Grundliniendiopterkorrektur liegend angesehen werden und die Fern, Fern-Sichtkorrekturstärken sind negativ. Die Zwischen-, Fern und Fern, Fernstärken setzen sich zur Fernsicht in dem Zentralbereich **28** zu einer Durchschnittsstärke zusammen.

[0036] Innerhalb des inneren ringförmigen Nahbereichs **29** variiert die Sehkraftkorrekturstärke von dem Umfang **43** zu einem Plateau **53** und von dem Plateau ändert sich die Sehkraftkorrekturstärke zurück zu dem Umfang **44** an der Grundlinie. In dem Fernbereich **31** erhöht sich die Sehkraftkorrekturstärke sehr leicht über die Grundlinie und setzt sich dann zu einer Fern, Fern-Negativ-Sehkraftkorrekturstärke an einem Punkt **53** fort, an dem sich die Sehkraftkorrekturstärke umkehrt und zu der Grundlinie an dem Umfang **45** zurückkehrt.

[0037] In der äußeren ringförmigen Nahzone **30** ändert sich die Stärke von dem Umfang **45** zu einem Plateau **55** und kehrt von dem Plateau **55** zu der Grundlinie an dem Umfang **46** zurück. In dem Fernbereich **32** fällt die Stärke geringfügig unter die Grundlinie auf einen Punkt **57** in den Fern, Fernkorrekturbereich und kehrt dann zu der Grundlinie an dem äußeren Umfang **47** zurück. Die Täler unterhalb der Grundlinie zu den Punkten **53** und **57** in den Fernbereichen **31** und **32** dienen dazu, die erhöhte Fokustiefe des Zentralbereichs **28** zu unterstützen.

[0038] Der Fernbereich **33** weist eine Sehkraftstärke auf, die entlang der Grundlinie liegt und zur Fernsicht ausgestaltet ist. Der Bereich **33**, der radial außerhalb eines Durchmessers von ungefähr 4,7 mm liegt, ist lediglich bei schlechten Lichtverhältnissen verwendbar, wenn die Pupille sehr groß ist. Bei sehr schlechten Lichtverhältnissen wie derartigen, ist die Fernsicht alles was normalerweise benötigt wird.

[0039] Der innere Nahbereich **29** weist Bereiche benachbart den Umfängen **43** und **44** mit Fernsehkraftkorrekturstärken und einen zweiten Bereich, der das Plateau **51** umfasst, mit Nahsehkraftkorrekturstärken auf. Gleichermaßen weist der äußere Nahbereich **30** Bereiche benachbart den Umfängen **45** und **46** mit Fernsehkraftkorrekturstärken und einen zweiten Bereich, der das Plateau **55** umfasst, mit Nahsehkraftkorrekturstärken auf. Zum Beispiel können die Nahsehkraftstärken solche sein, die oberhalb von ungefähr 2 bis 2,5 Dioptrie liegen. Die 2 bis 2,5 Dioptrie entsprechen ungefähr 20 bis entsprechend ungefähr 16 Inch Reichweite und dieser Abstand entspricht dem Beginn von Nahaktivitäten.

[0040] Wie es in **Fig.** 3 dargestellt ist, weist jeder dieser "Nah"-Bereiche ein Hauptsegment, d. h. das Plateau **51** und **55**, bei denen die Nahsichtkorrekturstärke im wesentlichen konstant ist, auf. Das Plateau **51**, welches radial innerhalb des Plateaus **55** liegt, weist eine größere radiale Dimensionierung als das Plateau **55** auf. Der Unterschied in den radialen Dimensionen der Plateaus **51** und **55** erlaubt diesen zwei Plateaus ungefähr den gleichen Bereich aufzuweisen.

[0041] Aus **Fig.** 3 kann ersehen werden, dass die Sehkraftkorrekturstärke des zentralen Bereichs kontinuierlich variabel ist und dass die Sehkraftkorrekturstärke der gesamten Optik mit Ausnahme der Plateaus **51** und **55** kontinuierlich variabel ist. Der Scheitelpunkt **48** ist die größte Diopterstärke des Zentralbereichs **28** und die negative Diopterstärke an der optischen Achse **39** und den Punkten **40**, **53** und **57** ist gleichmäßig mit den Sehkraftkorrekturstärken radial außerhalb davon vermischt.

[0042] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 4 treibt der Ziliarmuskel die äußeren Enden der Streben **16** radial nach innen, wenn sich der Ziliarmuskel **64** kontraktiert, wie er es normalerweise tut, wenn das Auge versucht, ein nahes Objekt zu fokussieren, wodurch der Linsenkörper **12** nach vorne weg von der Netzhaut gezwungen wird. Entspannt sich der Ziliarkörper **64**, wirken die Streben **16** als Federn, um den Linsenkörper **12** zur Abstandsfokussierung zurück in seine Ausgangsposition zu ziehen.

[0043] Da der Linsenkörper **12** multifokal ist, können die kombinierten Akkommodationseffekte der Bewegung des Linsenkörpers und seine multifokalen Eigenschaften eine verbesserte Akkommodation bereitstellen. Eine verbesserte scheinbare Akkommodation zur Nahsicht, z. B. relativ zu einer ähnlich ausgestalteten IOL mit lediglich einer monofokalen Sehkraftkorrektur, geeignet zur Akkommodationsbewegung, wird erreicht. Ferner sind die kombinierte Akkommodationsbewegung/Multifokaleigenschaft der vorliegenden IOL insbesondere wirkungsvoll beim Bereitstellen einer Zwischensehkraft, d. h. einer Sehkraft zwischen nahen Gegenständen und fernen Gegenständen und der Bereich der Nahsicht, verglichen mit einer ähnlichen Multifokal-IOL, welche nicht für die Akkommodationsbewegung steht, wird vergrößert.

[0044] Ein Linsensystem umfassend die IOL **110** und ein posteriores Linsenelement **72** ist in **Fig.** 5 dargestellt. Die IOL **110** ist gleich der IOL **10** aufgebaut und funktioniert gleichermaßen. Komponenten der IOL **110**, die den Komponenten der IOL **10** entsprechen, sind mit den gleichen Bezugszeichen erhöht um **100** gekennzeichnet.

[0045] Das posteriore Linsenelement **72** ist zentral innerhalb der Kapsel **70** in Kontakt mit der posterioren Wand **74** davon positioniert. Es verbleibt zum Beispiel aufgrund von einem oder mehreren Befestigungselementen in dieser Position. Um es darzustellen, kommen Befestigungselemente in der Form von Filaments **73** aus Polypropylen oder ähnlichen Polymerwerkstoffen, die mit dem posterioren Linsenelement **72** gekoppelt sind und sich davon nach außen erstrecken, in Kontakt mit der Kapselhäutchenwand, um wenigstens das Aufrechterhalten des Linsenelements **72** in der gewünschten posterioren Position zu unterstützen. Die IOL **110** der in **Fig.** 5 dargestellten Kombination ist durch die Streben **116**, die sich rückwärts und radial nach außen zu der Wand des Kapselhäutchens **70** in Eingriff mit dem Umfang des Kapselhäutchens erstrecken, gehaltert. Die in **Fig.** 5 dargestellte IOL **110** funktioniert in einer ähnlichen Art wie die IOL **10**, die in **Fig.** 4 dargestellt ist und vorstehend beschrieben wurde. Somit kann der Linsenkörper **112** (wie es in **Fig.** 4 dargestellt ist) nach vorne bewegt werden, um eine Nahsehkraft-Akkommodation bereitzustellen oder er kann zur Abtandsfokussierung in eine Position näher zu der Netzhaut zurückgezogen werden. Das Vorliegen des Linsenelements **72** ist wirkungsvoll, um ein Zellenwachstum von dem Kapselhäutchen in den Raum der durch das Kapselhäutchen definiert wir zu hemmen. Dies unterstützt die Sehkraftklarheit und erlaubt die Langzeitaufrechterhaltung der Kombination. Zusätzlich kann das Linsenelement **72**, welches eine einzelne Diopterstärke aufweist, eine wirkungsvolle Sehkraftkorrektur in Kombination mit dem Multifokal-Linsenkörper **112** bereitstellen.

[0046] **Fig.** 6 stellt eine andere Ausführungsform einer IOL, die im allgemeinen bei **210** dargestellt ist, gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Die IOL **210** ist gewissermaßen ähnlich der IOL **10** aufgebaut. Komponenten der IOL **210**, die Komponenten der IOL **110** entsprechen, sind mit den gleichen Bezugszeichen erhöht um **200** gekennzeichnet.

[0047] Der Hauptunterschied zwischen der IOL **210** und der IOL **10** ist das Einbeziehen von Plattenhaptiken **80** (Engl.: plate haptics) bei der IOL **210**. Der Lin-

senkörper **212** der IOL **210** weist ein ähnliches optisches Profil, wie es in Bezug auf den Linsenkörper **12** dargestellt wurde, auf. Jede der flexiblen Plattenhaptiken **80** weist ein Gelenk **82** auf, das durch eine Nut in der Anteriorseite der IOL **210** ausgebildet ist und eine Feder **84** jeweils an dem Ende der Plattenhaptiken **80**. Diese Haptiken **80** sind z. B. einheitlich mit dem Linsenkörper **210** verbunden. Die Federn **84** sind elastische Schlaufen, die an einem Ende an das Ende der Haptik **80** an entgegengesetzten Seiten der Längsmittellinie der IOL **210** hochgebunden sind. Diese Federschlaufen **84** biegen sich längs des Linsenkörpers **212** von ihren hochgebundenen Enden zu ihrer Mitte nach außen und kehren dann in Richtung des Linsenkörpers von ihren Mitten zu ihren freien Enden zurück. Die Enden der Haptiken **80** weisen Aussparungen **86** auf, über die sich die Federschlaufen **84** derart erstrecken, dass die Schlaufen und die Kanten der Aussparungen Öffnungen **88** zwischen sich bilden. Die Enden der Federschlaufen **84** weisen Löcher **90** auf, um Instrumente zum Positionieren der IOL **210** in dem Auge aufzunehmen.

[0048] Die IOL **210** wird in dem Kapselhäutchensack innerhalb des Auges implantiert, während der Ziliarmuskel in seinem entspannten Zustand betäubt ist und der Kapselhäutchensack wird dabei auf seinen maximalen Durchmesser gedehnt. Die gesamte Länge der IOL **210** gemessen zwischen den Enden der Haptiken **80** an jeder der Haptikaussparungen **86** gleicht im wesentlichen dem inneren Durchmesser des gedehnten Kapselhäutchensacks. Die Gesamtlänge der IOL **210** gemessen zwischen den äußeren Kanten der Schlaufenfedern **84** in ihrer Mitte, wenn die Schlaufen in ihrem normalen ungedehnten Zustand oder normalen ungedehnten Bedingungen sind, ist geringfügig größer als der Innendurchmesser des Kapselhäutchensacks.

[0049] Die IOL **210** wird insbesondere verwendet, wenn der innere Kapselhäutchenrent oder Rand des Kapselhäutchensacks gerissen ist, d. h. geschnitten oder entzweit. Wenn die IOL **210** in dem Kapselhäutchensack implantiert ist, drücken die Schlaufenfedern **84** nach außen gegen den Kapselhäutchensacksulkus, um die Linse während der Fibrose in dem Sack zu fixieren. Fibrose tritt in einer solchen Art auf, um die Fusion des Anteriorrests mit dem posterioren Kapselhäutchen bewirkt wird. Das Zusammenziehen und Entspannen des Ziliarmuskels nach der Fibrose erleichtert die Akkommodationsbewegung der IOL **210**. Die IOL **210** verwendet den fibrosierten inneren Kapselhäutchenrand, das elastische posteriore Kapselhäutchen, den Glaskörperraumdruck, die Zonuli und die Ziliarmuskelzusammenziehungen, zusammen mit dem multifokalen Linsenkörper **212**, um z. B. die nach vorne gerichtete Akkommodationsbewegung zur Nahsicht bereitzustellen. Die Entspannung des Ziliarmuskels dehnt den Kapselhäutchensack und den fibrosierten anterioren Kapselhäutchenrand, um die Linse nach hinten in Richtung ihrer Abstandssehkraftposition zurückzuführen.

[0050] Die vorliegenden IOLs stehen sehr wirkungsvoll für die erhöhte Akkommodation im Zusammenwirken mit dem Auge. Somit stehen die Akkommodationsbewegung der IOL zusammen mit den multifokalen Eigenschaften des Linsenkörpers der vorliegenden IOL im wesentlichen für eine verbesserte Leistung z. B. relativ zu einer Monofokal-IOL, die zur Akkommodationsbewegung geeignet ist oder einer Multifokal-IOL, die in einer wesentlichen festgelegten Position innerhalb des Auges angeordnet ist. Ferner sollte verständlich sein, dass die vorliegenden IOLs mit multifokalen Eigenschaften unter Verwendung jeglicher geeigneten Methodenlehre ausgestattet sein kann. Ferner kann die IOL ausgestaltet sein, um jegliche geeignete Multifokalanordnung der Dioptерstärken bereitzustellen. Zusätzlich können die vorliegenden IOLs ausgestaltet sein, um die Akkommodationsbewegung in jeglicher geeigneten Art zu erreichen. Die beispielhaften Ausführungsformen, die hier dargestellt sind, dienen lediglich darstellenden Zwecken und sind nicht dazu gedacht, den breiten Umfang der vorliegenden Erfindung zu begrenzen.

[0051] Während diese Erfindung unter Bezugnahme auf verschiedenartige spezifische Beispiele und Ausführungsformen beschrieben wurde, ist die Erfindung als nicht darauf begrenzt anzusehen und sie kann innerhalb des Umfangs der folgenden Patentansprüche verschiedenartig praktiziert werden.

Patentansprüche

1. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**), umfassend:
einen Linsenkörper (**12**, **112**, **212**), der dimensioniert und dazu geeignet ist, um in dem Auge eines Säugetieres platziert zu werden und der mehrere unterschiedliche Diopterstärken aufweist; und
eine Bewegungsanordnung (**16**, **18**, **116**, **80**), die mit dem Linsenkörper (**12**, **112**, **212**) verbunden und strukturiert und dazu geeignet ist, um mit dem Auge des Säugetiers zusammenzuwirken, um die axiale Akkommodations-Bewegung des Linsenkörpers in dem Auge zu bewirken.

2. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Linsenkörper (**12**, **112**, **212**) eine erste Diopterstärke zur Kurzsicht und eine zweite Diopterstärke zur Weitsicht aufweist.

3. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Linsenkörper (**12**, **112**, **212**) eine dritte Diopterstärke aufweist, die zwischen der ersten und der zweiten Diopterstärke liegt.

4. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach An-

spruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Linsenkörper (**12**, **112**, **212**) mehrere unterschiedliche Bereiche (**28** bis **33**) umfasst, die jeweils eine Dioptertärke aufweisen.

5. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsanordnung (**16**, **18**, **116**, **180**) wenigstens ein Vorspannungselement (**16**, **116**, **84**) umfasst, das mit dem Linsenkörper (**12**, **112**, **212**) gekoppelt ist.

6. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorspannungselement (**16**, **116**, **84**) ein Federelement (**16**, **116**, **84**) umfasst.

7. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Linsenkörper (**12**, **112**, **212**) mehrere ringförmige Bereiche (**28** bis **33**) umfasst, die sich von der Mittelachse (**39**) des Linsenkörpers radial nach außen erstrecken.

8. Intraokulare Linse (**10**) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsanordnung (**16**, **18**, **116**, **80**) wenigstens ein Vorspannungselement (**16**, **116**, **84**) umfasst, das mit dem Linsenkörper (**12**, **112**, **212**) gekoppelt ist.

9. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsanordnung (**16**, **18**, **116**, **80**) derart strukturiert und geeignet ist, dass sie mit wenigstens einem aus dem Ziliarmuskel des Säugetierauges, den Zonuli des Säugetierauges und dem Glasdruck in dem Auge zusammenwirken, um die axiale Akkommodations-Bewegung des Linsenkörpers (**12**, **112**, **212**) in dem Auge zu bewirken.

10. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsanordnung (**16**, **18**, **116**, **80**) dazu geeignet ist, mit dem Ziliarmuskel zusammenzuarbeiten, um den Linsenkörper (**12**, **112**, **212**) axial in Richtung einer ersten Position relativ zu der Netzhaut des Auges zu bewegen, wenn der Ziliarmuskel entspannt ist und axial in Richtung einer unterschiedlichen zweiten Position relativ zu der Netzhaut des Auges, wenn der Ziliarmuskel kontrahiert ist.

11. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Position des Linsenkörpers (**12**, **112**, **212**) die Kurzsicht verbessert.

12. Intraokulare Linse (**10**, **110**, **210**) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsanordnung (**16**, **18**, **116**, **80**) wenigstens ein Vorspannungselement (**16**, **116**, **84**) umfasst, das mit dem Linsenkörper (**12**, **112**, **212**) gekoppelt ist.

13. Intraokulare Linse (**210**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsanordnung (**80**) wenigstens ein Befestigungselement (**80**) mit einem proximalen Endbereich, der mit dem Linsenkörper (**212**) gekoppelt ist, und einem distalen Endbereich (**84**), der sich von dem Linsenkörper weg erstreckt und dazu geeignet ist, mit dem Kapselhäutchensack des Säugetierauges in Kontakt zu kommen, umfasst.

14. Intraokulare Linse (**210**) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsanordnung (**80**) wenigstens ein Befestigungselement (**80**) mit einem proximalen Endbereich, der mit dem Linsenkörper (**212**) gekoppelt ist, und einem distalen Endbereich (**84**), der sich von dem Linsenkörper weg erstreckt und dazu geeignet ist, mit dem Kapselhäutchensack des Säugetierauges in Kontakt zu kommen, umfasst.

15. Intraokulare Linse (**210**) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsanordnung (**80**) wenigstens ein Befestigungselement (**80**) mit einem proximalen Endbereich, der mit dem Linsenkörper (**212**) gekoppelt ist und einem distalen Endbereich (**84**), der sich von dem Linsenkörper weg erstreckt und dazu geeignet ist, mit dem Kapselhäutchensack des Säugetierauges in Kontakt zu kommen, umfasst.

16. Eine Kombination (**110**, **72**) umfassend:
einen Linsenkörper (**110**), der dimensioniert und geeignet ist, um in dem Auge eines Säugetiers platziert zu werden und wobei der Linsenkörper mehrere unterschiedliche Dioptertärken aufweist;
eine Bewegungsanordnung (**116**), die mit dem Linsenkörper (**112**) verbunden ist und derart strukturiert und dazu geeignet ist, um mit dem Säugetierauge zusammenzuwirken, um eine axiale Akkommodations-Bewegung des Linsenkörpers in dem Auge zu bewirken; und
ein Linsenelement (**72**), das zur Implantation in einem Kapselhäutchensack des Auges geeignet ist.

17. Kombination (**110**, **72**) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Linsenelement (**72**) strukturiert und dazu geeignet ist, um in einer im wesentlichen festgelegten Position in dem Kapselhäutchensack des Auges implantiert zu werden.

18. Kombination (**110**, **72**) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Linsenelement (**72**) dazu geeignet ist, das Zellenwachstum in dem Kapselhäutchensack des Säugetierauges zu reduzieren.

19. Kombination (**110**, **72**) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Linsenelement (**72**) eine einzige Dioptertärke aufweist.

20. Kombination (**110**, **72**) nach Anspruch 15, da-

durch gekennzeichnet, dass sowohl der Linsenkörper (**112**), als auch das Linsenelement (**72**) derart strukturiert und dazu geeignet sind, um in dem Kapselhäutchensack des Säugetierauges implantiert zu werden, wobei der Linsenkörper anterior des Linsenelements angeordnet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

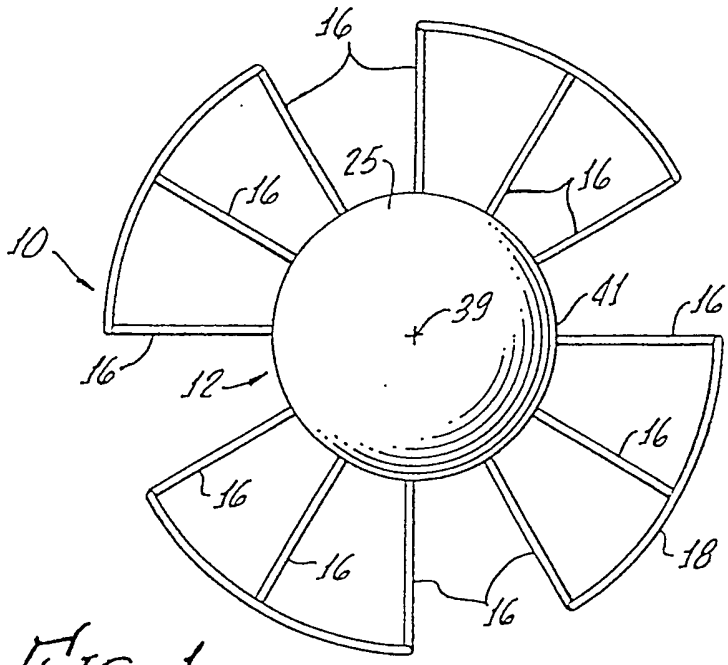

FIG. 1.

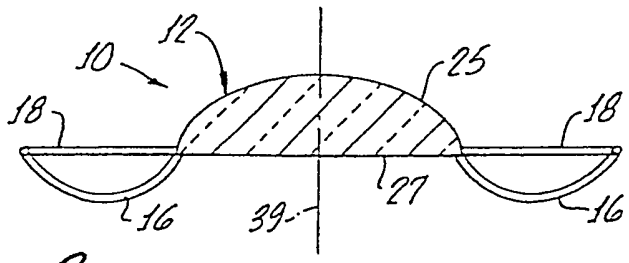

FIG. 2.

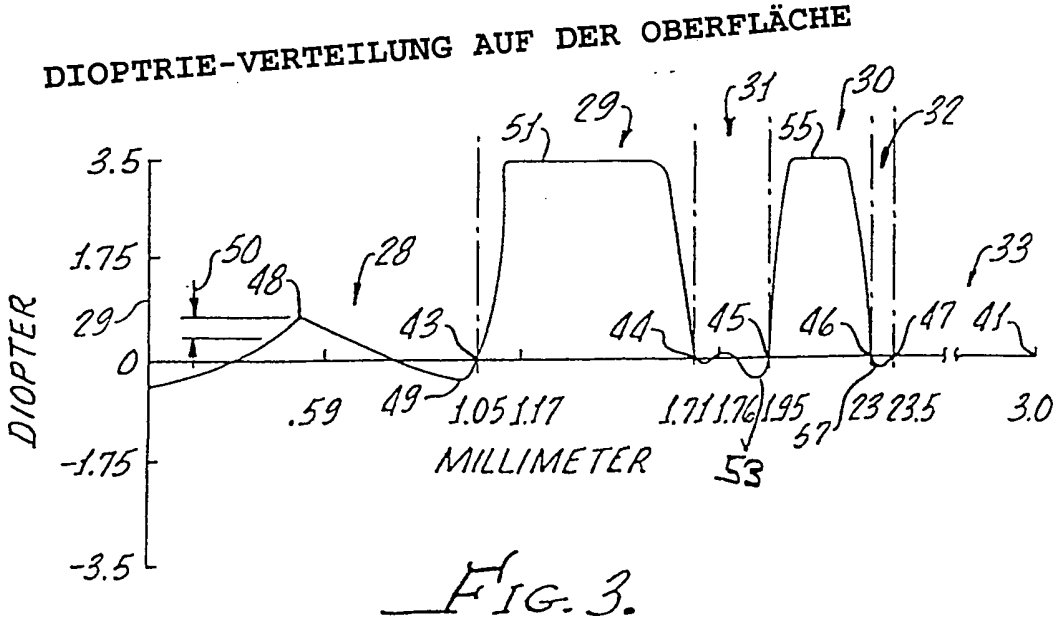

FIG. 3.

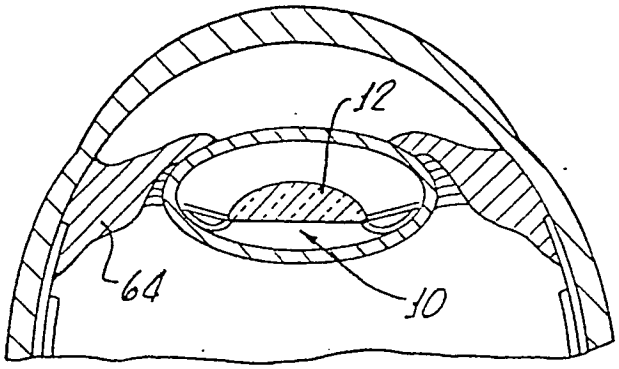

FIG. 4.

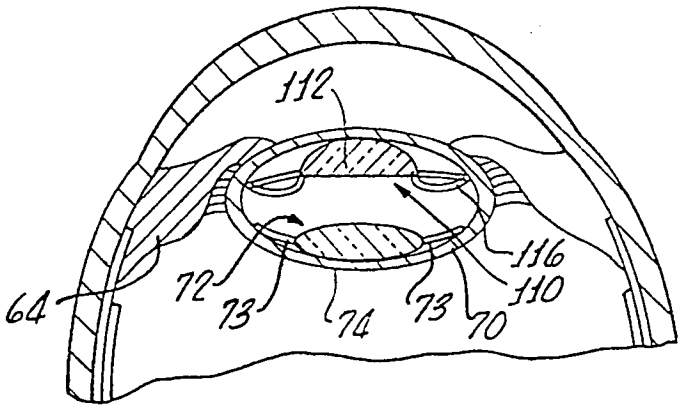

FIG. 5.

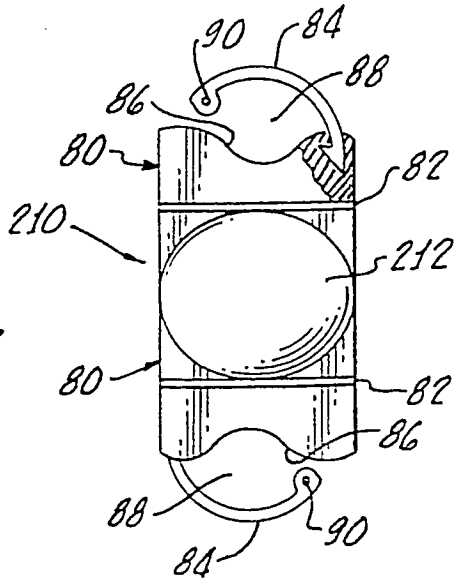

FIG. 6.