

KAISERLICHES

PATENTAMT.

PATENTSCHRIFT

— № 134408 —

KLASSE 42 h.

AUSGEBEN DEN 10. OKTOBER 1902.

FIRMA CARL ZEISS IN JENA.

Sphärisch und chromatisch korrigirtes Objektiv mit anastigmatischer Bildebenung.

Patentirt im Deutschen Reiche vom 3. November 1899 ab.

Das im Folgenden beschriebene Objektiv von neuer Konstruktion soll für solche Zwecke dienen, bei welchen große Lichtstärke und ein scharfes Bild mit anastigmatischer Ebenung über ein verhältnismäßig großes Feld verlangt wird, also für Projektionen und photographische Aufnahmen. Der Vortheil des neuen Objektivs liegt im Vergleich zu den für ähnliche Zwecke bisher bekannten Konstruktionen in technischer Beziehung darin, daß zur Herbeiführung anastigmatischer Bildebenung bei gleichzeitiger sphärischer Korrektur in und außer der Achse nicht unbedingt Glasarten von jenen besonderen Eigenschaften notwendig werden, welche die Objektive nach Patent 56109 und nach ähnlichen anastigmatischen Konstruktionstypen erfordern, sondern daß die Wahl der Gläser in besonders weiten Grenzen sich bewegen kann, und daß zweitens zur Herbeiführung guter Korrektur selbst für lichtstarke Systeme eine verhältnismäßig kleine Anzahl von Linsenelementen nöthig wird.

Dieser zweifache Vortheil ist dadurch erreicht worden, daß in das neue Objektiv zwei Paare an ein gemeinsames, niedrig brechendes Medium (z. B. Luft) angrenzender Nachbar-glasflächen eingeführt sind, deren Stärken entgegengesetzte Vorzeichen besitzen.

Dabei sind unter einem Paar Nachbar-glasflächen die beiden einander zugewendeten Flächen zweier ohne Trennung durch die Blendenebene des Objektivs auf einander folgender Glaslinsen verstanden; wenn ferner n_1 der Brechungsexponent der voraufgehenden, n_2 der Brechungsexponent der nachfolgenden Linse, r_i und r_k die Krümmungsradien der

Nachbarglasflächen sind, so ist die Stärke dieses Paares:

$$\varphi_{1,2} = -\frac{n_1 - 1}{r_i} + \frac{n_2 - 1}{r_k},$$

wobei vorausgesetzt ist, daß das gemeinsame Medium Luft ist und die Mitteldicke dieser Luftschicht in Anbetracht des geringen Einflusses vernachlässigt werden kann.

Chromatisch und sphärisch korrigirte und anastigmatisch geebnete Objektive mit zwei Paaren an ein gemeinsames, niedrig brechendes Medium angrenzender Nachbar-glasflächen sind schon mehrfach bekannt. Diese Paare besitzen aber dann stets gleiches Vorzeichen. Hierher gehört z. B. Patent 92313 (das Planar). In Fig. 3 dieser Patentschrift ist ein solches Planar dargestellt, und die zwei Paare an Luft angrenzender Nachbar-glasflächen werden durch die Flächen r_4', r_3' der Linsen L_3, L_2 und durch die Flächen r_3, r_4 der Linsen L_2, L_3 gebildet. Das Stärkenvorzeichen beider Paare ist positiv. Eine andere derartige Konstruktion ist die im Jahre 1898 in England patentirte und im British Journal of Photography 1898 Seite 570/571 beschriebene Konstruktion der Firma C. P. Goerz. Dieses Objektiv ist aus vier getrennten Linsenbestandtheilen zusammengesetzt, und nach den in M. v. Rohr's »Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs« Seite 392 angegebenen detaillirten Konstruktionsdaten besitzt dasselbe zwei Paare an Luft angrenzender Nachbar-glasflächen, deren Stärkenvorzeichen beide negativ sind.

Bei photographischen Objektivsystemen dagegen, welche keinen Anspruch erheben noch

L7

erheben können, die drei genannten Korrekturen gleichzeitig zu erreichen, ferner bei Beleuchtungssystemen und Mikroskopobjektiven, von denen die ersteren überhaupt keine Korrektur aufweisen, die letzteren nicht anastigmatisch geebnet sind, mag vereinzelt die oben charakterisirte Gegensätzlichkeit der Stärkenvorzeichen von Nachbarflächenpaaren, ohne besondere Absicht eingeführt, sich vorfinden. So ist in Fig. 3 der englischen Patentschrift 1261/1889 von Hugh Blackwood eine nach Kenntniss der Erfinderin nie in den Handel und in Gebrauch gekommene Linsencomposition für photographische Zwecke schematisch (ohne Angabe irgend welcher Konstruktionselemente) zur Darstellung gekommen, welche, ohne eine Mittelblende aufzuweisen, vier Nachbarflächenpaare besitzt, von denen zwei positives und zwei negatives Stärkenvorzeichen haben. Diese Linsencomposition ist auf die Art gebildet worden, daß zwischen die Hälften eines photographischen Doublets älterer Konstruktion (Aplanat, Rapid rectilinear) ein Satz D, D^1, D^2 von beliebig auswechselbaren billigen Brillengläsern (ordinary eye-glasses) eingeschoben ist zwecks beliebiger Veränderung der Objektivbrennweite. Der Umstand aber, daß vom Erfinder Blackwood in ein korrigirtes Objektiv unkorrigirte Sammell- und Zerstreuungslinsen derselben Glasart (Brillengläser werden aus billigem Crown Glas hergestellt) eingeführt werden, läßt vermuthen, daß besondere sphärische und astigmatische Korrekturen nicht herbeigeführt werden, und berechtigt zu der bestimmten Behauptung, daß die Achromasie des Ursprungsobjektivs nicht mehr vorhanden ist; kurz er beweist, daß die Korrekturen in der geschützten Satzcomposition minderwerthig sind, verglichen mit dem zu Grunde gelegten regulären photographischen Doublet. Die in dem Blackwood'schen Objektiv (Fig. 3) zufällig vorhandene Gegensätzlichkeit des Stärkenvorzeichens von Nachbarglasflächen dient also ausschließlich dem Zweck, ein beliebiges, gut korrigirtes Doublet (Aplanat) zu einem Objektivsatz mit Objektiven von verschiedenen Brennweiten umzugestalten, welche weit entfernt sind, den Anspruch auf anastigmatische Bildebenung bei gleichzeitiger sphärischer und chromatischer Korrektur zu erheben, wie er zum ersten Male im Jahre 1890 durch das Objektiv nach Patent 56109 erfüllt worden ist.

Läßt man das oben angeführte Merkmal des neuen Objektivs, daß keins der Glasflächenpaare die Blendenebene einschließt, außer Betracht, so sind auch noch das Petzval'sche Portraitobjektiv (vergl. von Rohr, Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs, Seite 250, Fig. 100) und das Dallmeyer'sche Triplet (vergl. Eder, Handbuch der Photographie, 2. Aufl. 1. Th. 2. Hälfte, Seite 147, 148,

und von Rohr, Theorie u. s. w., Seite 170, Fig. 71) zu prüfen, weil beide Objektive zwei Flächenpaare mit entgegengesetzten Stärkenvorzeichen besitzen. In dem Dallmeyer'schen Objektiv besitzt (nach der Nomenclatur bei von Rohr) das Flächenpaar r_3, r_4 positives, das Flächenpaar r_6, r_7 negatives Stärkenvorzeichen, in dem Petzval'schen Objektiv das Flächenpaar r_3, r_4 positives, r_5, r_6 negatives Stärkenvorzeichen. Weder das eine noch das andere Objektiv macht Anspruch auf anastigmatische Ebenung des Bildes. Dahingegen ist das Objektiv »Cooke lens« von H. D. Taylor, welches wie die beiden vorerwähnten Objektive zwei Flächenpaare mit Lufttrennung besitzt, zwar mit anastigmatischer Bildebenung ausgestattet, es sind bei ihm aber die Stärkenvorzeichen der Flächenpaare gleich, und zwar negativ, wie in dem citirten Werk von von Rohr aus Fig. 94, 95 und 96 Seite 238 und 240 zu ersehen ist.

Das Neue des vorliegenden Objektivs liegt also darin, daß in ein und demselben System zwei Paare Nachbarglasflächen — von denen kein Paar die Blendenebene einschließt — eingeführt sind, welche zwecks Herbeiführung anastigmatischer Bildebenung bei gleichzeitiger sphärischer und chromatischer Korrektur entgegengesetzte Stärkenvorzeichen besitzen. Diese Gegensätzlichkeit hat qualitativ denselben Erfolg als die in dem Objektiv nach Patent 56109 eingeführte Gegensätzlichkeit in der Abstufung der Brechungsexponenten zwischen den mit einander verkitteten positiven und negativen Theilen der zwei Glieder eines Doublets, indem an die Stelle der kritischen Kittflächen je ein Paar an ein gemeinsames, schwach brechendes Medium angrenzender Nachbarglasflächen tritt, welche Paare gemäß ihrem Stärkenvorzeichen astigmatische Differenzen entgegengesetzten Sinnes einführen und es ermöglichen, daß bei sphärischer Korrektur des gesammten Systems und bei Bildebenung auch die astigmatischen Differenzen zum Verschwinden gebracht werden.

Bei den Objektiven nach Patent 56109 kommen an den kritischen Kittflächen wirksame Differenzen der Brechungsexponenten vor, welche unter Benutzung brauchbarer Glasarten im günstigen Falle $1,63 - 1,50 = 0,13$ betragen können. Bei dem gegenwärtigen Objektiv aber ist, wenn Luft als zwischenliegendes Medium angenommen wird, die wirksame Brechungsexponentendifferenz in den zwei Paaren von Nachbarglasflächen im ungünstigsten Falle $1,50 - 1,00 = 0,50$. Da ferner bei derselben Anzahl von Linsenelementen die Zahl der verfügbaren Korrektur-elemente vergrößert wird, bei vier Linsen um zwei Linsenradien und zwei Luftdistanzen, ist es verständlich, daß man mit Hilfe des neuen Typus bei annähernd gleicher Güte der Korrektur zu ganz erheblich

lichtstärkeren Objektiven oder bei annähernd gleicher relativer Lichtstärke zu einer Korrektion gelangt, welche erheblich gröfsere Vollkommenheit aufweist.

Als sonstige Korrektionshilfsmittel aufser den zwei entgegengesetztes Stärkenvorzeichen besitzenden Paaren Nachbarglasflächen benutzt man in dem neuen Objektiv die bekannten Mittel und verwendet entweder einzelstehende Linsenelemente oder aus mehreren Theilen zusammengesetzte Linsen oder auch gleichzeitig beide Arten von Linsen, je nachdem es die besonders gestellten Ansprüche verlangen. Besondere Beschränkungen in der Anwendung von Glasarten mit bestimmten optischen Eigenschaften werden nicht auferlegt; im Gegentheil ist es wesentlich, dafs man eine grofse Freiheit in der Wahl der Gläser hat und dafs man auch die nur in auferordentlich engen Grenzen vorhandenen Glasarten verwenden kann, welche eine Verminderung des sogenannten sekundären Spectrums herbeiführen.

Innerhalb des neuen Typus kann man sowohl Einzelobjektive als auch Doppelobjektive konstruiren. Dabei ist unter Einzelobjektiv ein Objektiv verstanden, welches Vorder- oder Hinterblende besitzt, unter Doppelobjektiv ein solches, welches mit einer Blende zwischen den Linsen versehen ist.

Das einfachste Einzelobjektiv der vorliegenden Erfindung besteht aus drei einzelstehenden einfachen Linsenelementen L_1, L_2 und L_3 (Fig. 1). Das beiden Paaren der Nachbarglasflächen gemeinsame Medium ist Luft, und das eine Paar wird gebildet durch die einander zugewendeten Flächen mit den Krümmungsradien r_2, r_3 der Linsen L_1 und L_2 , das andere Paar durch die Flächen r_4, r_5 der Linsen L_2 und L_3 . An Stelle der einfachen Linsenelemente L_1, L_2, L_3 können zum Theil oder durchweg auch Linsencombinationen eingeführt werden, welche aus unter sich verkitteten oder nicht verkitteten Gliedern zusammengesetzt sind. Es entsteht dann eine mehr oder weniger complicirte Konstruktion des Einzelobjektivs.

Derartige einfachere oder complicirtere Einzelobjektive können auch mit Vortheil als Glieder zur Bildung von unsymmetrischen, sowie von hemi- und holosymmetrischen Doppelobjektiven angewendet werden. Ein unsymmetrisches Doppelobjektiv resultirt, wenn das eine Einzelobjektiv einer anderen Ausführungsform angehört als das andere; es entsteht ein hemisymmetrisches Doppelobjektiv, wenn die zwei Einzelobjektive zwar derselben Ausführungsform angehören, aber verschiedene Brennweiten besitzen, und ein holosymmetrisches, wenn die zwei Einzelobjektive identisch sind.

Aufser dem Einzelobjektiv aus drei getrennten Theilen umschliesst der Rahmen der gegenwärtigen Erfindung ein Doppelobjektiv

aus vier getrennten Theilen. Diese vier Theile sind je nach den besonderen Anforderungen an das Objektiv und je nach den zur Verfügung stehenden Glasarten entweder Einzelinsen oder aus mehreren Elementen verkittete Verbundlinsen; sie sind so an einander gereiht, dafs die Blende entweder ein eintheiliges von einem dreitheiligen oder zwei zweitheilige Glieder von einander trennt. Besteht im ersteren Falle das Einzelglied aus einer einfachen Linse, so kann keins der beiden Glieder für sich sphärisch und astigmatisch korrigirt werden, denn die einfache Linse ist unkorrigirbar und das dreitheilige Glied mufs daher entgegengesetzte Fehler aufweisen, wenn Compensation der Aberrationen für das Doppelobjektiv erzielt werden soll.

In Fig. 2 der Zeichnung ist ein derartiges Doppelobjektiv dargestellt; es besteht aus den Linsen L_1, L_2, L_3, L_4 ; von denen L_1 das Vorderglied und $L_2 + L_3 + L_4$ das dreitheilige Hinterglied ist. Das eine Paar Nachbarglasflächen wird gebildet durch die zugewendeten Flächen r_4, r_5 der Linsen L_2, L_3 , das andere Paar durch die Flächen r_6, r_7 der Linsen L_3, L_4 ; das Stärkenvorzeichen ist entgegengesetzt dem des anderen Paares. Kann das eintheilige Glied aus drei oder mehr Elementen verkittet werden, so ist es wie bekannt durchführbar, aber innerhalb unserer Konstruktion nicht Bedingung, dafs das aus mehreren Elementen verkittete eintheilige Glied sphärisch, astigmatisch und chromatisch korrigirt wird. Alsdann mufs selbstverständlich auch das dreitheilige Glied korrigirt sein, welches dann unter die Kategorie der oben beschriebenen Einzelobjektive (Fig. 1) fällt.

Besteht das Doppelobjektiv aus zwei zweitheiligen Gliedern, so ist es nicht angängig, dafs die aus zwei einfachen Linsen bestehenden Glieder für sich sphärisch und astigmatisch korrigirt werden, denn nach Mafsgabe der Erfindung werden diese Fehler durch die zwei Paare Nachbarglasflächen, welche entgegengesetztes Stärkenvorzeichen erhalten, erst compensirt, und in dem Vorderglied ist das eine, in dem Hinterglied das andere Paar enthalten. Es würde also die gegenwärtige Erfindung nicht berührt werden, wenn ein Doppelobjektiv aus dem für sich korrigirten Einzelobjektiv des Patentes 92313 und dem Zweilinsenobjektiv, welches in dem oben erwähnten Doppelobjektiv von C. P. Goerz als Element benutzt wird (M. von Rohr Seite 392), gebildet würde. In einem solchen Objektiv wäre die durch unsere Erfindung charakterisirte Gegensätzlichkeit äufserlich wohl vorhanden, sie hätte aber durchaus keinen Antheil an der Herbeiführung sphärischer und astigmatischer Korrektion und brächte nicht den Vortheil der gegenwärtigen Erfindung mit, die Linsen sehr

dünn und die Glasarten innerhalb sehr weiter Grenzen wählen zu können.

Sofern also nicht dadurch beabsichtigt wird, die zweitheiligen Glieder für sich sphärisch und astigmatisch zu korrigieren, kann man den Theilen des viertheiligen Doppelobjektivs beliebige Zusammensetzung geben; sie können sämtlich oder zum Theil einfache Linsen oder aus mehreren Elementen verkittete Verbundlinsen sein.

Fig. 3 stellt innerhalb des neuen Typus das einfachste Doppelobjektiv mit je zwei Linsen auf den beiden Seiten der Blende dar. Die zwei Paare Nachbarglasflächen mit gegensätzlichem Stärkenvorzeichen befinden sich demgemäß auf verschiedenen Seiten der Blende. Die Flächen r_2, r_3 der Linsen L_1 und L_2 bilden das eine, die Flächen r_6, r_7 der Linsen L_3 und L_4 das andere Paar Nachbarglasflächen, und das erste Paar hat positives, das zweite negatives Stärkenvorzeichen. Die Linsen L_1, L_2, L_3, L_4 können wie oben einfach oder aus mehreren zusammengesetzt sein.

In Fig. 4 ist ein derartiges complicirteres Doppelobjektiv dargestellt. Dasselbe entsteht aus dem Doppelobjektiv nach Fig. 3, wenn man dessen Linse L_3 durch zwei verkittete Linsen L_3' und L_3'' ersetzt. Auf dieselbe Fig. 4 bezieht sich das unten aufgeführte Beispiel 4 einer concreten Ausführungsform des neuen Objektivs. In diesem Beispiel sind zu L_3' und L_3'' Glasarten gewählt worden, welche gleichen Brechungsindex, aber verschiedene Dispersion besitzen, wodurch die Achromatisierung des ganzen Systems herbeigeführt worden ist.

In Fig. 5 schliesslich ist ein Beispiel gegeben, in welchem eine aus L_4' und L_4'' verkittete Linse an die Stelle von L_4 in Fig. 3 getreten ist. Das unten detaillirte Beispiel 5 bezieht sich auf diese Fig. 5, und es sind dabei zu L_4', L_4'' Glasarten von verschiedener Dispersion und verschiedenem Brechungsindex gewählt worden, wodurch einerseits chromatische Korrektur des Objektivs, andererseits Verringerung der sphärischen Zonen erzielt wurde.

Der voraufgehenden generellen Beschreibung des neuen Objektivtypus fügen wir zum Schluss noch die detaillirten Konstruktionsdaten einiger concreter, bestimmten Zwecken angepaßter Ausführungsformen an. Dabei bedienen wir uns folgender Bezeichnungen. Die Buchstaben L_1, L_2, \dots bedeuten die Glaslinsen; d_1, d_2, \dots ihre Mitteldicken; r_1, r_2, \dots die Radien der sphärisch geschliffenen Linsenflächen; b_1, b_2 die Abstände der Blendenebene von den nächstgelegenen Linsenscheiteln und l_1, l_2 die Mitteldicken der zwischen zwei Linsen sich befindenden Luftschichten (die Abstände zweier Linien von einander). Die Radien, Dicken, Durch-

messer und Entfernungen der Linsen sind durch Verhältniszahlen ausgedrückt, wobei die Brennweite des ganzen Objektivs als Einheit angenommen ist. Eine einfache Multiplication dieser Zahlen mit der Brennweite, welche in jedem besonderen Falle verlangt wird, ergibt die Konstruktionsdaten für ein Objektiv der gewünschten Brennweite. Die verwendeten Glasarten sind durch die Angabe ihrer Brechungsindex n_D, n_F und n_G' , welche sich auf die D - bzw. F -Linie des Sonnenspektrums und auf die $H\gamma$ -Linie des Wasserstoffspektrums beziehen, gekennzeichnet. Der

Werth $\frac{\Delta n}{n_D - 1}$ giebt die relative Dispersion der Glasart an, und zwar ist dabei für Δn das Intervall $D-H\gamma$ gesetzt. Schliesslich geben die Quotienten

$$\frac{n_F - n_D}{n_G' - n_D} \text{ und } \frac{n_G' - n_F}{n_G' - n_D}$$

den Gang der Dispersion in dem betrachteten Intervall an.

Beispiel 1 (Fig. 1).

Sphärisch und chromatisch korrigirtes Einzelobjektiv mit angenäherter anastigmatischer Bildebenung. Die relative Oeffnung ist gleich $1/8$ der Brennweite.

Das Objektiv besteht aus den drei Einzel-linsen L_1, L_2, L_3 , von denen L_1 zerstreue, L_2 und L_3 sammelnde Wirkung haben. Die hier eingeführten vier Nachbarglasflächen grenzen paarweise an je eine gemeinsame Luftschicht; die zwei Paare sind die Flächen r_2, r_3 der Linsen L_1, L_2 und r_4, r_5 der Linsen L_2, L_3 .

Angaben für die Brennweite gleich 1. Größte relative Oeffnung 0,125.

Radien: Dicken und Abstände:

$r_1 = -0,150$	$b_1 = 0,020$
$r_2 = -1,000$	$d_1 = 0,0075$
$r_3 = -0,350$	$l_1 = 0,010$
$r_4 = -0,195$	$d_2 = 0,015$
$r_5 = -3,000$	$l_2 = 0,005$
$r_6 = -0,221$	$d_3 = 0,015$

Glasarten:

	L_1	L_2	L_3
n_D	1,57740	1,51790	1,61232
n_F	1,58734	1,52396	1,61996
n_G'	1,59571	1,52884	1,62614
Δn			
$\frac{\Delta n}{n_D - 1}$	0,03171	0,02112	0,02257
$\frac{n_F - n_D}{n_G' - n_D}$	0,543	0,554	0,553
$\frac{n_G' - n_F}{n_G' - n_D}$	0,457	0,446	0,447

Stärken der Nachbarflächenpaare für n_D :

$$\varphi_{1,2} = -\frac{0,5774}{-1,000} + \frac{0,5179}{-0,350} = -0,903$$

$$\varphi_{2,3} = -\frac{0,5179}{-0,195} + \frac{0,61232}{-3,000} = +2,452.$$

Beispiel 2 (Fig. 2).

Sphärisch und chromatisch korrigiertes Doppelobjektiv mit anastigmatischer Bildebenung. Die relative Oeffnung beträgt $\frac{1}{6}$ der Brennweite.

Das Objektiv besteht aus den vier Einzel-linsen L_1, L_2, L_3 und L_4 , von denen L_1, L_3 und L_4 sammelnde, L_2 zerstreue Wirkung besitzen. Es sind zwei Paare von Nachbar-glasflächen vorhanden, nämlich r_4, r_5 der Linsen L_2, L_3 und r_6, r_7 der Linsen L_3, L_4 .

Das aus den Linsen L_2, L_3 und L_4 gebildete Hinterglied hat eine Zusammensetzung, welche ähnlich der des Einzelobjektivs Beispiel 1 ist. Dieses Hinterglied ist aber als Objektiv für sich nicht korrigiert, sondern dasselbe besitzt kleine Fehlerreste bezüglich sphärischer, chromatischer und astigmatischer Abweichung, und zwar im Sinne einer Uebercompensation im Vergleich zu den Fehlern einer einfachen positiven Linse. Das neue Korrektionsmittel ist also in höherem Grade in Anspruch genommen worden, als es bei dem korrigierten Objektiv Beispiel 1 der Fall ist. Diese Ueberkorrektion wird aufgehoben durch das Vorderglied des Objektivs, durch die Linse L_1 . Durch diese Anordnung wird eine grössere Lichtstärke des Objektivs, als nach Beispiel 1 erreichbar ist, herbeigeführt ($\frac{1}{6}$ gegen $\frac{1}{8}$ relativer Oeffnung), und es wird ermöglicht, die orthoskopische und die Bedingung für die Achromasie besser zu erfüllen, als es bei Einzelobjektiven ausführbar ist.

Die nachfolgenden numerischen Angaben beziehen sich auf ein Objektiv von der Brennweite 1. Die Oeffnung ist gleich 0,166.

Radien: Dicken und Abstände:

$$\begin{array}{ll} r_1 = +0,821 & d_1 = 0,047 \\ r_2 = -2,737 & b_1 = 0,044 \\ r_3 = -0,162 & b_2 = 0,027 \\ r_4 = -1,092 & d_2 = 0,008 \\ r_5 = -0,384 & l_1 = 0,011 \\ r_6 = -0,192 & d_3 = 0,016 \\ r_7 = -0,372 & l_2 = 0,005 \\ r_8 = -0,210 & d_4 = 0,016. \end{array}$$

Glasarten:

	$L_1 = L_3 = L_4$	L_2
n_D	1,59133	1,57320
n_F	1,59816	1,58275
$n_{G'}$	1,60362	1,59076

$\frac{\Delta n}{n_D - 1}$	0,02078	0,03063
$\frac{n_F - n_D}{n_{G'} - n_D}$	0,556	0,544
$\frac{n_{G'} - n_F}{n_{G'} - n_D}$	0,444	0,456.

Stärken der Nachbarflächenpaare für n_D :

$$\varphi_{2,3} = -\frac{0,57320}{-1,092} + \frac{0,59133}{-0,384} = -1,015$$

$$\varphi_{3,4} = -\frac{0,59133}{-0,192} + \frac{0,59133}{-0,372} = +1,490.$$

Beispiel 3 (Fig. 3).

Sphärisch und chromatisch korrigiertes Doppelobjektiv mit anastigmatischer Bildebenung. Die relative Oeffnung des Objektivs beträgt $\frac{1}{6}$ der Brennweite.

Das Objektiv besteht aus den vier Einzel-linsen L_1, L_2, L_3, L_4 , von denen L_1 und L_4 Sammellinsen, L_2 und L_3 Zerstreulinsen sind. Die Nachbarflächenpaare bestehen aus den Flächen r_2, r_3 der Linsen L_1, L_2 und r_6, r_7 der Linsen L_3, L_4 .

Angaben für die Brennweite gleich 1, größte relative Oeffnung gleich 0,166.

Radien: Dicken und Abstände:

$$\begin{array}{ll} r_1 = +0,207 & d_1 = 0,035 \\ r_2 = -1,174 & l_1 = 0,021 \\ r_3 = -0,463 & d_2 = 0,014 \\ r_4 = +0,211 & b_1 = 0,021 \\ r_5 = -0,345 & b_2 = 0,021 \\ r_6 = -0,463 & d_3 = 0,014 \\ r_7 = -1,726 & l_2 = 0,001 \\ r_8 = -0,314 & d_4 = 0,035. \end{array}$$

Glasarten:

	L_1	L_2	L_3	L_4
n_D	1,59119	1,57970	1,51147	1,61091
n_F	1,59800	1,58953	1,51710	1,61852
$n_{G'}$	1,60344	1,59779	1,52159	1,62469
$\frac{\Delta n}{n_D - 1}$	0,02072	0,03120	0,01979	0,02226
$\frac{n_F - n_D}{n_{G'} - n_D}$	0,556	0,544	0,556	0,552
$\frac{n_{G'} - n_F}{n_{G'} - n_D}$	0,444	0,457	0,444	0,448.

Stärken der Nachbarflächenpaare für n_D :

$$\varphi_{1,2} = -\frac{0,59119}{-1,174} + \frac{0,57970}{-0,463} = -0,749$$

$$\varphi_{3,4} = -\frac{0,51147}{-0,463} + \frac{0,61091}{-1,726} = +0,746.$$

Beispiel 4 (Fig. 4).

Sphärisch und chromatisch korrigirtes Doppelobjektiv mit anastigmatischer Bildebenung und vermindertem sekundären Spectrum. Die relative Oeffnung des Objektivs beträgt $\frac{1}{6}$ der Brennweite.

Das Objektiv besteht aus den fünf Linsen L_1, L_2, L_3', L_3'' und L_4 , wovon L_3' und L_3'' mit einander verkittet, L_1 und L_4 Sammellinsen, L_2 und $L_3' + L_3''$ Zerstreuungslinsen sind. Nachbarflächenpaare bilden die Flächen r_2, r_3 der Linsen L_1, L_2 und r_7, r_8 der Linsen L_3', L_4 . Die Blendenebene befindet sich zwischen den Linsen L_2 und L_3' .

Angaben für die Brennweite gleich 1, größte relative Oeffnung 0,166.

Radien: Dicken und Abstände:

$r_1 = + 0,194$	$d_1 = 0,032$
$r_2 = - 0,971$	$l_1 = 0,016$
$r_3 = - 0,421$	$d_2 = 0,013$
$r_4 = + 0,194$	$b_1 = 0,019$
$r_5 = - 0,485$	$b_2 = 0,019$
$r_6 = + 0,142$	$d_3' = 0,010$
$r_7 = \infty$	$d_3'' = 0,029$
$r_8 = + 1,618$	$l_2 = 0,001$
$r_9 = - 0,314$	$d_4 = 0,016$

Glasarten:

	$L_1 = L_3''$	$L_2 = L_3'$	L_4
n_D	1,52655	1,52149	1,61210
n_F	1,53259	1,52859	1,61945
$n_{G'}$	1,53747	1,53436	1,62539
Δn			
$\frac{n_D - 1}{n_D - 1}$	0,02074	0,02468	0,02171
$\frac{n_F - n_D}{n_{G'} - n_D}$	0,553	0,552	0,553
$\frac{n_{G'} - n_F}{n_{G'} - n_D}$	0,447	0,448	0,447

Stärken für Nachbarflächenpaare für n_D :

$$\varphi_{1,2} = - \frac{0,52655}{- 0,971} + \frac{0,52149}{- 0,421} = - 0,696$$

$$\varphi_{3,4} = 0 + \frac{0,61210}{1,618} = + 0,378.$$

Beispiel 5 (Fig. 5).

Sphärisch und chromatisch korrigirtes Doppelobjektiv mit anastigmatischer Bildebenung. Die relative Oeffnung des Objektivs beträgt $\frac{1}{4}$ der Brennweite.

Das Objektiv besteht aus den drei Sammellinsen L_1, L_3 und $L_4' + L_4''$ und der Zerstreuungslinse L_2 . Nachbarflächenpaare sind die Flächen r_2, r_3 der Linsen L_1, L_2 und r_6, r_7 der Linsen L_3, L_4' . Die Blendenebene befindet sich zwischen den Linsen L_2, L_3 .

Angaben für die Brennweite gleich 1, größte relative Oeffnung 0,25.

Radien: Dicken und Abstände:

$r_1 = + 0,281$	$d_1 = 0,047$
$r_2 = - 1,874$	$l_1 = 0,023$
$r_3 = - 0,628$	$d_2 = 0,019$
$r_4 = + 0,286$	$b_1 = 0,038$
$r_5 = - 0,469$	$b_2 = 0,038$
$r_6 = - 0,422$	$d_3 = 0,019$
$r_7 = - 2,343$	$l_2 = 0,002$
$r_8 = + 0,506$	$d_4' = 0,014$
$r_9 = - 0,506$	$d_4'' = 0,033$

Glasarten:

	$L_1 = L_4''$	$L_2 = L_3 = L_4'$
n_D	1,61091	1,57311
n_F	1,61852	1,58264
$n_{G'}$	1,62469	1,59063
Δn		
$\frac{n_D - 1}{n_D - 1}$	0,02256	0,03057
$\frac{n_F - n_D}{n_{G'} - n_D}$	0,552	0,544
$\frac{n_{G'} - n_F}{n_{G'} - n_D}$	0,448	0,456

Stärken der Nachbarflächenpaare für n_D :

$$\varphi_{1,2} = - \frac{0,61091}{- 1,874} + \frac{0,57311}{- 0,628} = - 0,586$$

$$\varphi_{3,4} = - \frac{0,57311}{- 0,422} + \frac{0,57311}{- 2,343} = + 1,113.$$

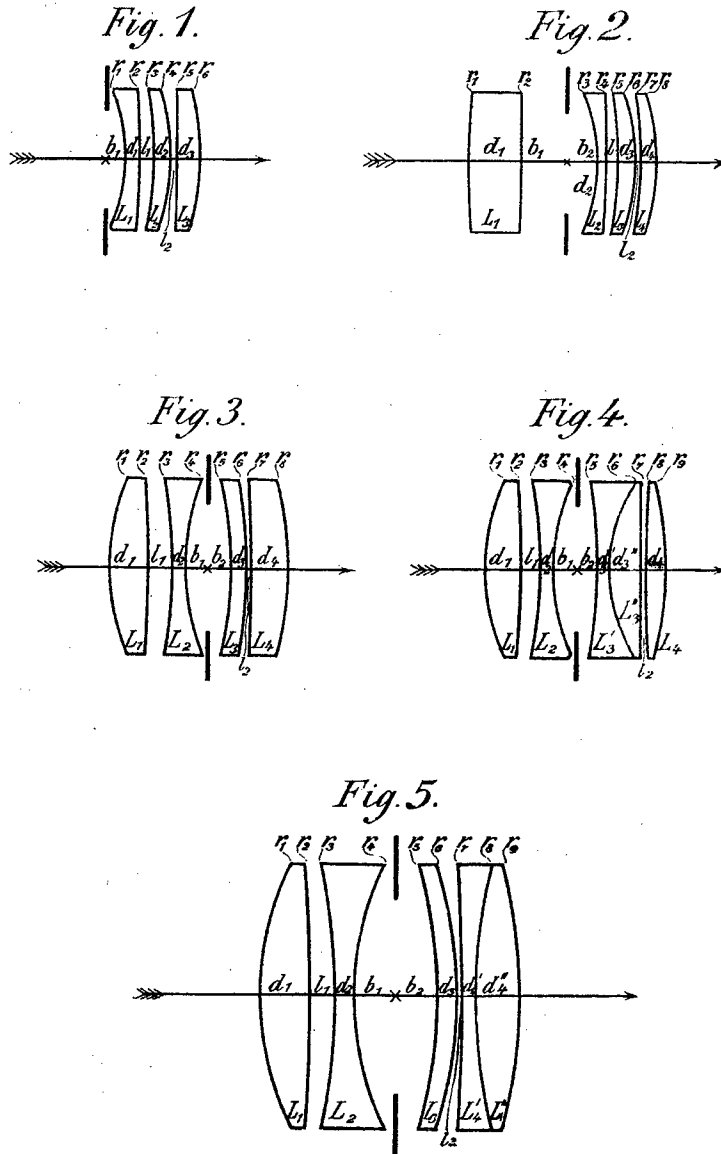
PATENT-ANSPRUCH:

Sphärisch und chromatisch korrigirtes Objektiv mit anastigmatischer Bildebenung, gekennzeichnet durch drei, bei Anwendung einer Mittelblende vier, durch ein gemeinsames schwach brechendes Medium, wie Luft, getrennte einfache oder zusammengesetzte Linsen, die derart angeordnet sind, daß, abgesehen von den durch eine Mittelblende getrennten Flächen, zwei Paare an das gemeinsame Medium angrenzender Nachbarglasflächen entstehen, die zur gleichzeitigen Herbeiführung sphärischer und astigmatischer Korrektur entgegengesetztes Stärkenvorzeichen besitzen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen.

FIRMA CARL ZEISS IN JENA.

Sphärisch und chromatisch korrigirtes Objektiv mit anastigmatischer Bildebenung.



Zu der Patentschrift

№ 134408.