



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 10 025 T2** 2007.06.21

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 441 248 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 9/08** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 10 025.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 256 900.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **31.10.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.07.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **29.11.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.06.2007**

(30) Unionspriorität:  
**2003013169 22.01.2003 JP**

(74) Vertreter:  
**Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183  
Wiesbaden**

(73) Patentinhaber:  
**Milestone Co., Ltd., Fuchuu, Tokio/Tokyo, JP; Do,  
Satoshi, Asaka, Saitama, JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:  
**Do, Satoshi, Saitama, 351-0031, JP**

(54) Bezeichnung: **Objektiv zur Bildaufnahme**

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**

**[0001]** Diese Erfindung betrifft ein Objektiv zur Bildaufnahme.

**[0002]** Es ist für ein Objektiv zur Bildaufnahme erwünscht, dass es eine kurze optische Länge aufweist, welche als Abstand von der Einfallsebene auf der Objektseite des Objektivs zur Bildaufnahme zu der Bildaufnahmefläche (Bildformungsfläche der CCD oder ähnliches). Betrachtet man ein tragbares Telefon als ein Beispiel, so ist es wünschenswert, dass die optische Länge zumindest kürzer ist als die Dicke des tragbaren Telefonapparats. Auf der anderen Seite ist es bevorzugt, dass der Brennpunktstand von der Objektivrückseite, welche als der Abstand von der Emissionsebene auf der Bildseite des Objektivs zur Bildaufnahme zu der Bildaufnahmefläche so lang wie möglich ist. Dies liegt an der Notwendigkeit zum Einfügen von Filtern und anderen Komponenten zwischen dem Abbildungsobjektiv und der Bildaufnahmefläche.

**[0003]** Abgesehen von dem zuvor genannten, kann es erforderlich sein, dass ein Objektiv zur Bildaufnahme so korrigiert ist, dass verschiedene Aberrationen auf einen ausreichenden Betrag reduziert sind, so dass eine Verzeichnung des Bildes nicht visuell wahrnehmbar ist und so wie es für die Integrationsdichte der bildgebenden Elemente (sogenannte „Pixel“) erforderlich sein kann. Nachfolgend wird „verschiedene Aberrationen wurden so korrigiert, dass sie ausreichend klein sind, so dass Bildverzerrungen nicht visuell wahrnehmbar sind und Anforderungen an die Integrationsdichte des bildgebenden Elementes erfüllt werden“ zur Vereinfachung nachfolgend durch den Ausdruck „verschiedene Aberrationen sind zufriedenstellend korrigiert“ oder einen ähnlichen ausgedrückt. Ein Bild, für das verschiedene Aberrationen zufriedenstellend korrigiert sind, kann als ein „zufriedenstellendes Bild“ bezeichnet werden.

**[0004]** Als ein Objektiv zur Bildaufnahme, welches die zuvor genannten Anforderungen erfüllt, wurden Linsensysteme mit einer geringen Anzahl von Komponentenlinsen, mit kurzer optischer Länge und die für eine Kompaktheit konstruiert sind, vorgeschlagen. Jedoch verwenden solche Linsensysteme Linsen, die auf Grund der Verwendung von asphärischem gegossenem Glas relativ teuer sind oder in denen der Krümmungsradius auf Grund von Bearbeitungsgrenzen nicht klein gemacht werden kann, um die optische Länge zu verkürzen.

**[0005]** Es sind auch Linsensysteme bekannt, in denen eine einzige Linse verwendet wird, um eine kurze optische Länge zu erreichen, so dass folglich Aberrationen nicht vollständig eliminiert werden können.

**[0006]** Ein Objektiv zur Bildaufnahme, welches die oben beschriebenen Aufgaben anspricht, hat einen Brennpunktstand von der Objektivrückseite mit passender Länge, einen breiten Feldwinkel und besteht aus zwei Gruppen von zwei Linsen mit kleiner Verzeichnungsaberration (siehe zum Beispiel japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2001-174701). Es gibt auch ein Objektiv zur Bildaufnahme mit einem ausreichend langen Brennpunktstand von der Objektivrückseite, dessen Brechkräfte der objektivseitigen Linse und der bildseitigen Linse passend eingestellt werden können und mit einer Zwei-Gruppen, Zwei-Linsen-Anordnung, welche leicht herzustellen ist (siehe zum Beispiel japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2000-321489). Darüber hinaus gibt es ein Objektiv zur Bildaufnahme, welches klein, leichtgewichtig, mit guten telezentrischen Eigenschaften, einer leicht korrigierten astigmatischen Aberration aufweist und dessen Herstellung und Zusammenbau einfach ist (siehe zum Beispiel japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2002-267928).

**[0007]** Dokument US 5,689,376 offenbart ein Objektiv zur Bildaufnahme, welches eine erste Linse, eine Aperturblende und eine zweite Linse aufweist.

**[0008]** Jedoch sollte die optische Länge eines Objektivs zur Bildaufnahme, das in einen tragbaren Telefonapparat eingebaut werden soll, der kompakt konstruiert ist, vorzugsweise höchstens ungefähr 6 mm betragen und es ist auch erforderlich, dass zufriedenstellende Bilder erhalten werden. Das heißt, da tragbare Telefone zunehmend dünner werden, kann es unmöglich werden, ein Objektiv zur Bildaufnahme zu verwenden, wenn es nicht eine optische Länge aufweist, die kürzer ist, als die der in den oben genannten Patenten offenbarten Objektivs zur Bildaufnahme oder es ist nicht in der Lage, zufriedenstellende Bilder aufzunehmen.

**[0009]** Verschiedene entsprechende Aspekte und Merkmale der Erfindung sind in den beigefügten Ansprüchen definiert. Merkmale aus den abhängigen Ansprüchen können mit Merkmalen der unabhängigen Ansprüche passend kombiniert werden und nicht nur wie explizit in den Ansprüchen dargelegt.

**[0010]** Ausführungsformen der Erfindung können ein Objektiv zur Bildaufnahme bereitstellen, welches während es eine F-Zahl von ungefähr 2,8 aufweist, so aus einer kleinen Anzahl an Linsen gebildet ist, nämlich zwei, dass es eine kurze optische Länge von 6 mm aufweist und zufriedenstellende Bilder aufnehmen kann. Aus-

führungsformen der Erfindung stellen darüber hinaus ein Objektiv zur Bildaufnahme bereit, das durch Realisieren aller Linsen (zwei Linsen), die das Objektiv zur Bildaufnahme gemäß dieser Erfindung bilden, wobei ein Kunststoffmaterial verwendet wird, reduzierte Kosten und ein leichteres Gewicht erzielt.

**[0011]** Hierin ist „ein Kunststoffmaterial“ eine Polymersubstanz, die einer plastischen Deformation unterzogen werden kann, unter Wärme, Druck oder beidem, und die in eine Linsenform gegossen werden kann, und die für sichtbares Licht transparent ist.

**[0012]** Um die zuvor genannten Aufgaben zu lösen, kann ein Objektiv zur Bildaufnahme gemäß dieser Erfindung konstruiert sein in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite zeigend, mit einer ersten Linse L1, einer Aperturblende S1 und einer zweiten Linse L2. Die erste Linse L1 kann eine Kunstharzlinse sein mit einer Meniskusform, wobei die konvexe Oberfläche zu der Objektseite hin zeigt, und die eine positive Brechkraft aufweist. Die zweite Linse L2 kann eine Kunstharzlinse sein, die meniskusförmig ist, wobei die konvexe Oberfläche zu der Bildseite hin zeigt, und die eine positive Brechkraft aufweist.

**[0013]** Darüber hinaus sind in diesem Objektiv zur Bildaufnahme beide Oberflächen der ersten Linse L1 vorzugsweise asphärisch und darüber hinaus beide Linsen der zweiten Linse L2 vorzugsweise asphärisch. Das Objektiv zur Bildaufnahme ist so eingerichtet, dass die optische Länge, welche der Abstand von der geneigten Ebene auf der Objektseite (die objektseitige Oberfläche der ersten Linse L1) zu der Bildaufnahme fläche vorzugsweise höchstens 6 mm beträgt.

**[0014]** In einer bevorzugten Konstruktion dieser Erfindung erfüllt das Objektiv zur Bildaufnahme die folgenden Bedingungen:

$$0,2 < |r5/f| < 3,1 \quad (1)$$

$$3,0 < (r5 + r6)/(r5 - r6) < 19,0 \quad (2)$$

$$1,0 < d/f < 1,5 \quad (3)$$

$$0,5 < r1/r2 < 2,0 \quad (4)$$

$$0,08 < D2/f < 0,1 \quad (5).$$

**[0015]** Hierbei ist f die Brennweite des gesamten Linsensystems, r5 ist der Krümmungsradius nahe der optischen Achse der objektseitigen Oberfläche der zweiten Linse L2 (axialer Krümmungsradius), r6 ist der Krümmungsradius nahe der optischen Achse der bildseitigen Oberfläche der zweiten Linse L2 (axialer Krümmungsradius), d ist der Abstand (in Luft) von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 zu der Bildebene, r1 ist der Krümmungsradius nahe der optischen Achse der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 (axialer Krümmungsradius), r2 ist der Krümmungsradius nahe der optischen Achse der bildseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 (axialer Krümmungsradius) und D2 ist der Abstand zwischen der ersten Linse L1 und der zweiten Linse L2.

**[0016]** Nachfolgend werden, sofern es keinen Grund für eine Verwechslung gibt, r1, r2, r5 und r6 als Variable verwendet, welche die Werte der axialen Krümmungsradien bezeichnen und sie werden auch als Symbole verwendet, welche die Linsenoberflächen (zum Beispiel die objektseitige Oberfläche der ersten Linse usw.) bezeichnen.

**[0017]** Die oben gegebene Bedingungsgleichung (1) bestimmt die Zuordnung der Gesamtobjektivbrennweite und der Brechkraft zwischen der ersten Oberfläche der zweiten Linse L2 (die Oberfläche, deren axialer Krümmungsradius r5 ist) und der zweiten Oberfläche (die Oberfläche, deren axialer Krümmungsradius r6 ist). Wenn die erste Oberfläche r5/f der zweiten Linse L2 größer ist als die untere Grenze dieser Bedingungsgleichung (1), so ist die Brennweite des gesamten Objektivs f zufriedenstellend für praktische Zwecke. Als Folge kann die zweite Oberfläche leicht hergestellt werden ohne Zunahme der sphärischen Aberration oder der Koma-Aberration. Das heißt, wenn die erste Oberfläche r5/f der zweiten Linse L2 kleiner ist als die untere Grenze der Bedingungsgleichung (1), so wird die Brennweite f des gesamten Objektivs vergrößert. Daher muss der Radius von r6 für die zweite Oberfläche verringert werden. Auf diese Weise tritt eine Situation auf, in der eine Herstellung der zweiten Oberfläche schwierig wird, da die sphärische Aberration und die Koma-Aberration vergrößert werden.

**[0018]** Wenn die erste Oberfläche  $r_5/f$  die obere Grenze der Bedingungsgleichung (1) nicht übersteigt, dann wird der Krümmungsradius der ersten Oberfläche  $r_5$  reduziert und folglich wird der Brennpunktstand von der Objektivrückseite länger, so dass kein Raum zum Anordnen eines Deckglases, eines Infrarot-Sperrfilters und ähnlichem zwischen der Bildaufnahmeplatte und dem Objektiv sichergestellt werden kann. Das heißt, wenn die erste Oberfläche  $r_5/f$  die obere Grenze der Bedingungsgleichung (1) übersteigt, dann wird der Krümmungsradius der ersten Oberfläche  $r_5$  vergrößert und folglich wird der Brennpunktstand von der Objektivrückseite verkürzt, so dass eine Situation auftreten kann, in der ein Deckglas, ein Infrarotsperrfilter oder ähnliches nicht zwischen der Bildaufnahmeplatte und dem Objektiv angeordnet werden kann.

**[0019]** Darüber hinaus ist, wenn die erste Oberfläche  $r_5/f$  nicht die obere Grenze der Bedingungsgleichung (1) übersteigt, der Winkel von Lichtstrahlen, die auf den Teil mit maximalem Radius (peripherer Teil) auftreffen, in der Bildebene moderat und folglich können durch die Verwendung einer Mikrolinse, die an der CCD- oder CMOS-Vorrichtung angeordnet ist, Strahlen leicht auf die lichtempfangende Oberfläche einfallen und daher kann eine Abdunkelung des peripheren Teils des Bildes vermieden werden. Das heißt, wenn die erste Oberfläche  $r_5/f$  die obere Grenze der Bedingungsgleichung (1) übersteigt, ist der Winkel, unter dem Strahlen auf den Teil mit maximalem Radius (peripherer Teil) einfallen, in der Bildebene spitz und so ist es auf Grund einer Mikrolinse, die bei der CCD- oder CMOS-Vorrichtung angeordnet ist, für Strahlen schwierig, auf die lichtempfangende Oberfläche einzufallen, so dass eine Situation auftreten kann, in welcher der periphere Teil des Bildes abgedunkelt ist.

**[0020]** Bedingungsgleichung (2) ist eine Bedingungsgleichung, um einen passend langen Brennpunktstand von der Objektivrückseite zu erhalten, während ein zufriedenstellendes Bild erhalten wird. Das heißt beim Ändern der Krümmungsradien  $r_5$  und  $r_6$  sowohl der ersten als auch der zweiten Oberflächen der zweiten Linse können Aberrationen alleine geändert werden, ohne die Objektivbrennweite zu ändern, in einem Betrieb als „Krümmen“ bezeichnet. Wenn  $r_5$  und  $r_6$  unter der Bedingung geändert werden, dass die Brennweite des Objektivs nicht geändert wird, wird der Wert von  $q$ , welcher gegeben ist durch  $q = (r_5 + r_6)/(r_5 - r_6)$  als der Linsenformfaktor bezeichnet, und er ist ein Parameter, welcher das Ausmaß der Krümmung darstellt. Das heißt der Parameter  $q$  ist 0 für eine symmetrische Linse ( $r_5 = -r_6$ ) und er wird größer, wenn die Linse asymmetrischer wird; dieser Parameter bezeichnet das Ausmaß der Abweichung von einer symmetrischen Linse (das Maß an Asymmetrie).

**[0021]** Daher bedeutet die oben gegebene Bedingungsgleichung (2), dass der Parameter  $q$ , welcher das Ausmaß an Krümmung der zweiten Linse beschreibt, in dem Bereich von 3,0 bis 19,0 eingestellt sein sollte.

**[0022]** Mit anderen Worten, wenn der Krümmungsradius so ist, dass  $r_5$  die obere Grenze der Bedingungsgleichung (2) nicht übersteigt, kann ein zufriedenstellendes Bild ohne die sphärische Aberration erhalten werden und ohne dass die Meridionalebene der astigmatischen Aberration zu positiv wird. Wenn der Krümmungsradius so ist, dass  $r_6$  nicht über die untere Grenze hinausgeht, ist der Einfall von Strahlen auf die CCD-Bildaufnahmeplatte moderat, ohne dass der Brennpunktstand von der Objektivrückseite zu kurz wird, so dass eine Situation, in der eine Verdunklung der Peripherie auf Grund von Totalreflexion durch die Mikrolinsen auftritt, vermieden werden kann. Auch ist eine Bearbeitung leichter. Mit anderen Worten kann, wenn ein Krümmungsradius verwendet wird, so dass  $r_5$  die obere Grenze der Bedingungsgleichung (2) übersteigt, dann eine Situation auftreten, in der eine sphärische Aberration und die Meridionalebene der astigmatischen Aberration zu negativ sind, und ein zufriedenstellendes Bild kann nicht erhalten werden. Wenn ein Krümmungsradius verwendet wird, so dass  $r_6$  über die untere Grenze, so wird der Brennpunktstand von der Objektivrückseite kurz und folglich ist der Einfallswinkel von Strahlen auf die CCD-Aufnahmeplatte spitz, so dass eine Situation auftreten kann, in der Totalreflexion durch die Mikrolinsen eine Verdunklung in der Peripherie bewirkt.

**[0023]** Die oben gegebene Bedingungsgleichung (3) legt die Größe der Linsenapparatur fest. Wenn die optische Pfadlänge, die durch  $d$  gegeben ist (der Abstand in Luft von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse  $L_1$  zu der Bildaufnahmeplatte) nicht kleiner ist als die untere Grenze, dann gibt es kein Problem, welches von einer großen Dicke der ersten Linse  $L_1$  und der zweiten Linse  $L_2$  herrührt, so dass während des Gießens und Herstellens Harz nicht leicht durch eine Pressform passt. Darüber hinaus gibt es, wenn die optische Länge  $d$  eine Länge ist, welche die obere Grenze nicht überschreitet, keine Notwendigkeit, die äußeren Durchmesser der ersten Linse  $L_1$  und der zweiten Linse  $L_2$  zu vergrößern und wenn es keine Reduzierung in dem peripheren Lichtvolumenverhältnis gibt, kann das Linsensystem leicht kompakter gemacht werden.

**[0024]** Das heißt, wenn die optische Weglänge, welche durch  $d$  gegeben ist, kleiner ist als die untere Grenze, sind die Dicken der ersten Linse  $L_1$  und der zweiten Linse  $L_2$  reduziert und während des Gießens und Bearbeitens treten keine Probleme damit auf, dass das Kunstharz nicht einfach durch eine Pressform passt. Auch

ist, wenn die optische Länge  $d$  die untere Grenze überschreitet, das periphere Lichtvolumenverhältnis reduziert. Um ein ausreichendes peripheres Lichtvolumen zu gewährleisten, müssen die äußeren Durchmesser der ersten Linse  $L1$  und der zweiten Linse  $L2$  groß sein. Der äußere Durchmesser des Linsensystems muss entsprechend größer gemacht werden und folglich wird es schwierig das Linsensystem kompakter zu machen.

**[0025]** Die oben gegebene Bedingungsgleichung (4) gibt die Form der ersten Linse  $L1$ , ausgedrückt als das Verhältnis des axialen Krümmungsradius auf der Objektseite zu dem axialen Krümmungsradius auf der Bildseite der ersten Linse  $L1$ , vor. Wenn  $r1$  der ersten Linse  $L1$  vergrößert wird und die untere Grenze der Bedingungsgleichung (4) übertroffen wird, ist die sphärische Aberration nicht negativ und es gibt keine Erhöhung an Koma-Aberration, so dass eine Korrektur einfach ist. Auch ist eine asphärische Oberflächenbearbeitung einfach. Wenn  $r2$  der ersten Linse  $L1$  klein gemacht wird, so dass die untere Grenze der Bedingungsgleichung (4) überschritten wird, ist die asphärische Aberration positiv und die astigmatische Aberration in der Meridionalebene ist positiv mit einem kleinen absoluten Wert und die Koma-Aberration ist ebenfalls reduziert, so dass eine Korrektur einfach ist. Auch ist, wenn  $r1$  der ersten Linse  $L1$  klein ist und die obere Grenze nicht überschritten wird, die sphärische Aberration klein und die astigmatische Aberration in der Meridionalebene ist ebenfalls klein, so dass eine Korrektur einfach ist. Wenn  $r2$  der ersten Linse  $L1$  größer wird und die obere Grenze nicht überschritten wird, sind die sphärische Aberration und die astigmatische Aberration sowohl in der Meridionalebene als auch in der Sagittalebene klein und darüber hinaus ist die Verzeichnungsaberration positiv mit einem kleinen absoluten Wert, so dass eine Korrektur einfach ist.

**[0026]** Mit anderen Worten wird, wenn  $r1$  der ersten Linse  $L1$  klein ist und die untere Grenze der Bedingungsgleichung (4) nicht überschritten wird, die sphärische Aberration negativ und die Koma-Aberration wird vergrößert, so dass eine Korrektur schwierig werden kann. Auch wird eine asphärische Oberflächenbearbeitung schwierig. Wenn  $r2$  der ersten Linse  $L1$  groß ist und die untere Grenze der Bedingungsgleichung (4) nicht überschritten wird, wird die sphärische Aberration negativ und die astigmatische Aberration in der Meridionalebene ist negativ mit einem großen absoluten Wert, und die Koma-Aberration wird ebenfalls größer, so dass eine Situation auftreten kann, in der eine Korrektur schwierig ist. Wenn  $r1$  der ersten Linse  $L1$  größer wird, und die obere Grenze überschritten wird, wird die sphärische Aberration größer und die astigmatische Aberration in der Meridionalebene wird ebenfalls größer, so dass eine Situation auftreten kann, in der eine Korrektur schwierig ist. Wenn  $r2$  der ersten Linse  $L1$  verringert wird, und die obere Grenze überschritten wird, erhöhen sich die sphärische Aberration sowie die astigmatische Aberration in der Meridionalebene und der Sagittalebene alle und darüber hinaus ist die Verzeichnungsaberration negativ mit einem großen absoluten Wert, so dass eine Situation auftreten kann, in der eine Korrektur schwierig ist.

**[0027]** Die oben angegebene Bedingungsgleichung (5) legt den Bereich des Abstands  $D2$  zwischen der ersten Linse  $L1$  und der zweiten Linse  $L2$  fest. Die Bedingung, welche durch die oben gegebene Bedingungsgleichung (5) angegeben wird, ist eine Bedingung zum Reduzieren der Feldkrümmungsaberrationen. Wenn der Abstand  $D2$  zwischen der ersten Linse  $L1$  und der zweiten Linse  $L2$  nicht unter der unteren Grenze liegt, sind die bildseitige Oberfläche der ersten Linse  $L1$  (die Oberfläche mit der Krümmung  $r2$ ) und die objektseitige Oberfläche der zweiten Linse  $L2$  (die Oberfläche mit der Krümmung  $r5$ ) nicht zu nah an der Aperturblende. Daher ist es nicht notwendig den äußeren Objektivdurchmesser zu klein zu machen und ein Gießen ist einfach; darüber hinaus kann ein Platz zum Einfügen der Aperturblende gewährleistet werden. Und wenn der Abstand  $D2$  die obere Grenze nicht übersteigt, sind die Linsendurchmesser der zweiten Oberfläche  $r2$  der ersten Linse  $L1$  und der ersten Oberfläche  $r5$  der zweiten Linse  $L2$  nicht zu groß und das Objektiv zur Bildaufnahme kann kompakt gemacht werden. Auch wird die Feldkrümmungsaberration nicht zu groß und es können zufriedenstellende Bilder erhalten werden.

**[0028]** Mit anderen Worten sind, wenn der Abstand  $D2$  zwischen der ersten Linse  $L1$  und der zweiten Linse  $L2$  unter der unteren Grenze liegt, die bildseitige Oberfläche der ersten Linse  $L1$  (die Oberfläche mit der Krümmung  $r2$ ) und die objektseitige Oberfläche der zweiten Linse  $L2$  (die Oberfläche mit der Krümmung  $r5$ ) zu nah an der Aperturblende. Folglich muss der äußere Linsendurchmesser klein gemacht werden und ein Gießen wird schwierig; darüber hinaus kann eine Situation auftreten, in der der Raum, um die Aperturblende einzufügen, nicht gewährleistet werden kann. Wenn der Abstand  $D2$  die obere Grenze übersteigt, werden die Linsendurchmesser der ersten Oberfläche  $r2$  der ersten Linse  $L1$  und der ersten Oberfläche  $r5$  der zweiten Linse  $L2$  zu groß und es wird schwierig, das Objektiv zur Bildaufnahme kompakt zu machen. Auch wird die Feldkrümmungsaberration groß, und es kann eine Situation auftreten, in der es schwierig ist, ein zufriedenstellendes Bild zu erhalten.

**[0029]** Durch Verwenden einer Linsenanordnung, welche die fünf Bedingungen der oben beschriebenen Bedingungsgleichungen (1) bis (5) erfüllt, versuchen Ausführungsformen der Erfindung ein Objektiv zur Bildauf-

nahme bereitzustellen, welches eine geringe Größe aufweist, zufriedenstellende Bilder aufnimmt und kompakt ist, mit einer optischen Weglänge von höchstens 6 mm.

[0030] Die Erfindung wird nun in Form eines Beispiels gemäß den beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind und in denen:

[0031] [Fig. 1](#) eine Querschnittsansicht eines Objektivs zur Bildaufnahme gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist;

[0032] [Fig. 2](#) eine Querschnittsansicht eines Objektivs zur Bildaufnahme einer ersten Ausführungsform ist;

[0033] [Fig. 3](#) ein Graph der Verzeichnungsaberration des Objektivs zur Bildaufnahme der ersten Ausführungsform ist;

[0034] [Fig. 4](#) ein Graph der astigmatischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der ersten Ausführungsform ist;

[0035] [Fig. 5](#) ein Graph der chromatischen/sphärischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der ersten Ausführungsform ist;

[0036] [Fig. 6](#) eine Querschnittsansicht eines Objektivs zur Bildaufnahme einer zweiten Ausführungsform ist;

[0037] [Fig. 7](#) ein Graph der Verzeichnisaberration des Objektivs zur Bildaufnahme der zweiten Ausführungsform ist;

[0038] [Fig. 8](#) ein Graph der astigmatischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der zweiten Ausführungsform ist;

[0039] [Fig. 9](#) ein Graph der chromatischen/sphärischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der zweiten Ausführungsform ist;

[0040] [Fig. 10](#) eine Querschnittsansicht eines Objektivs zur Bildaufnahme einer dritten Ausführungsform ist;

[0041] [Fig. 11](#) ein Graph der Verzeichnisaberration des Objektivs zur Bildaufnahme der dritten Ausführungsform ist;

[0042] [Fig. 12](#) ein Graph der astigmatischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der dritten Ausführungsform ist;

[0043] [Fig. 13](#) ein Graph der chromatischen/sphärischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der dritten Ausführungsform ist;

[0044] [Fig. 14](#) eine Querschnittsansicht eines Objektivs zur Bildaufnahme einer vierten Ausführungsform ist;

[0045] [Fig. 15](#) ein Graph der Verzeichnisaberration des Objektivs zur Bildaufnahme der vierten Ausführungsform ist;

[0046] [Fig. 16](#) ein Graph der astigmatischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der vierten Ausführungsform ist;

[0047] [Fig. 17](#) ein Graph der chromatischen/sphärischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der vierten Ausführungsform ist;

[0048] [Fig. 18](#) eine Querschnittsansicht eines Objektivs zur Bildaufnahme einer fünften Ausführungsform ist;

[0049] [Fig. 19](#) ein Graph der Verzeichnungsaberration des Objektivs zur Bildaufnahme der fünften Ausführungsform ist;

[0050] [Fig. 20](#) ein Graph der astigmatischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der fünften Ausführungsform ist;

- [0051] [Fig. 21](#) ein Graph der chromatischen/sphärischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der fünften Ausführungsform ist;
- [0052] [Fig. 22](#) eine Querschnittsansicht eines Objektivs zur Bildaufnahme einer sechsten Ausführungsform ist;
- [0053] [Fig. 23](#) ein Graph der Verzeichnungsaberration des Objektivs zur Bildaufnahme der sechsten Ausführungsform ist;
- [0054] [Fig. 24](#) ein Graph der astigmatischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der sechsten Ausführungsform ist;
- [0055] [Fig. 25](#) ein Graph der chromatischen/sphärischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der sechsten Ausführungsform ist;
- [0056] [Fig. 26](#) eine Querschnittsansicht eines Objektivs zur Bildaufnahme einer siebten Ausführungsform ist;
- [0057] [Fig. 27](#) ein Graph der Verzeichnungsaberration des Objektivs zur Bildaufnahme der siebten Ausführungsform ist;
- [0058] [Fig. 28](#) ein Graph der astigmatischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der siebten Ausführungsform ist und
- [0059] [Fig. 29](#) ein Graph der chromatischen/sphärischen Aberration des Objektivs zur Bildaufnahme der siebten Ausführungsform ist.
- [0060] Nachfolgend werden Ausführungsformen dieser Erfindung gemäß den Zeichnungen erklärt. Diese Zeichnungen stellen nur in zusammenfassender Weise die Formen, Größen und räumlichen Verhältnisse der Teilkomponenten in einem Umfang dar, welcher ein Verständnis dieser Erfindung ermöglicht und die numerischen Werte und nachfolgend beschriebenen Bedingungen sind nur passende Beispiele. Die vorliegende Erfindung ist auf keine Weise auf diese Ausführungsformen der Erfindung beschränkt.
- [0061] [Fig. 1](#) ist eine Zeichnung der Anordnung eines Objektivs zur Bildaufnahme gemäß einer Ausführungsform dieser Erfindung. Die Symbole für Oberflächen, Abstände zwischen Oberflächen und ähnliches, die in [Fig. 1](#) definiert sind, sind mit [Fig. 2](#), [Fig. 6](#), [Fig. 10](#), [Fig. 14](#), [Fig. 18](#), [Fig. 22](#) und [Fig. 26](#) gleich.
- [0062] Die ersten und zweiten Linsen, gezählt von der Objektseite her, sind mit L1 bzw. L2 bezeichnet. Die Bildgebungseinrichtung, welche die Bildaufnahmefläche aufweist, ist mit 10 bezeichnet, das Deckglas, das die Bildaufnahmefläche und das Linsensystem trennt, ist mit 12 bezeichnet, und die Aperturblende ist mit S1 bezeichnet.
- [0063] Die Parameter  $r_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 8$ ) und  $d_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 8$ ) und ähnliche, die in dieser Zeichnung auftauchen, sind nachfolgend als bestimmte numerische Werte in Tabelle 1 bis Tabelle 7 angegeben. Der Index  $i$  ist entsprechend der Linsenoberflächenzahl oder der Linsendicke zugeordnet oder dem Abstand zwischen Linsen, voranschreitend in einer Reihenfolge von der Objektseite hin zu der Bildseite.
- [0064] Das heißt  $r_i$  ist der axiale Krümmungsradius der  $i$ -ten Oberfläche,  $d_i$  ist der Abstand von der  $i$ -ten Oberfläche zu der  $i+1$ -ten Oberfläche,  $N_i$  ist der Brechungsindex des Mediums der Linse, welche die  $i$ -te Oberfläche und die  $i+1$ -te Oberfläche aufweist und  $v_i$  ist die Abbe-Zahl des Mediums der Linse, welche die  $i$ -te Oberfläche und die  $i+1$ -te Oberfläche aufweist.
- [0065] Die optische Länge  $d$  ist der Wert, der durch Addieren von  $d_1$  bis  $d_5$  erhalten wird, und darüber hinaus Addieren des Brennpunktabstands von der Objektivrückseite  $b_f$ . Der Brennpunktabstand von der Objektivrückseite  $b_f$  ist der Abstand entlang der optischen Achse von der bildseitigen Oberfläche der zweiten Linse L2 zu der Bildaufnahmefläche. Jedoch wird angenommen, dass der Brennpunktabstand von der Objektivrückseite  $b_f$  berechnet wird, wobei das zwischen der zweiten Linse L2 und der Bildaufnahmefläche eingefügte Deckglas entfernt ist. Das heißt, in einem Zustand, in dem das Deckglas eingefügt ist, ist der geometrische Abstand von der bildseitigen Oberfläche der zweiten Linse L2 zu der Bildaufnahmefläche größer als in dem Zustand, in dem kein Deckglas vorhanden ist, da der Brechungsindex des Deckglases größer als 1 ist. Das Ausmaß, um welches der Abstand größer ist, hängt von dem Brechungsindex und der Dicke des eingefügten Deckglases ab.

Daher wird, um den Brennpunktabstand von der Objektivrückseite  $b_f$  als einen für das Objektiv zur Bildaufnahme spezifischen Wert zu definieren, unabhängig davon ob ein Deckglas vorhanden ist oder nicht, ein Wert verwendet, der gemessen ist, wobei das Deckglas entfernt ist. Darüber hinaus beträgt der Abstand  $D_2$  zwischen der ersten Linse  $L_1$  und der zweiten Linse  $L_2$   $D_2 = d_2 + d_3 + d_4$ .

**[0066]** Asphärische Oberflächendaten sind zusammen mit Oberflächenzahlen in den rechten Spalten jeder der Tabellen 1 bis 7 angegeben. Die zwei Oberflächen  $r_3$  und  $r_4$  der Aperturblende  $S_1$  und die zwei Oberflächen  $r_7$  und  $r_8$  des Deckglases sind eben und so ist der Krümmungsradius mit  $\infty$  angegeben.

**[0067]** Die verwendeten asphärischen Oberflächen werden durch die folgende Gleichung beschrieben.

$$Z = \frac{ch^2}{1 + [1 - (1 + k)c^2h^2]^{1/2}} + A_0h^4 + B_0h^6 + C_0h^8 + D_0h^{10}$$

**[0068]** Hierbei ist  $Z$  die Tiefe von der Tangentenebene an dem Oberflächenscheitelpunkt,  $c$  ist die Oberflächenkrümmung in der Nähe der optischen Achse,  $h$  ist die Höhe von der optischen Achse,  $k$  ist die konische Konstante,  $A_0$  ist der asphärische Koeffizient vierter Ordnung,  $B_0$  ist der asphärische Koeffizient sechster Ordnung,  $C_0$  ist der asphärische Koeffizient achter Ordnung und  $D_0$  ist der asphärische Koeffizient zehnter Ordnung.

**[0069]** In jeder der Tabellen 1 bis 7 dieser Beschreibung bedeutet bei der Angabe der Exponenten numerischer Werte, welche asphärische Koeffizienten bezeichnen, zum Beispiel „e-1“, „10 hoch -1“. Darüber hinaus ist ein Wert, der als die Brennweite  $f$  angegeben ist, die kombinierte Brennweite des Linsensystems, das die erste Linse und die zweite Linse aufweist.

**[0070]** Nachfolgend sind die Krümmungsradien (in Millimetereinheiten), die Abstände zwischen den Linsenoberflächen (in Millimetereinheiten), die Brechungsindizes des Linsenmaterials, die Abbe-Zahlen des Linsenmaterials, die Brennweiten, die numerischen Aperturen und die asphärischen Koeffizienten für die Komponentenlinsen der ersten bis siebten Ausführungsformen aufgeführt.

Tabelle 1

## Erste Ausführungsform

| Krümmungsradius ( $r_j$ ) | Abstand ( $d_j$ ) | Brechungsvermögen ( $N_j$ ) | Abbe-Zahl ( $v_j$ ) | asphärischer Koeffizient |            |           |            |            |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|------------|-----------|------------|------------|
|                           |                   |                             |                     | k                        | $A_0$      | $B_0$     | $C_0$      | $D_0$      |
| $r1 = 1,1005$             | $d1 = 1,0000$     | $N1 = 1,53$                 | $v1 = 56,0$         | 0,2914e0                 | -0,2893e-1 | 0,4143e-1 | -0,1157e-1 | -0,2254e-1 |
| $r2 = 0,9969$             | $d2 = 0,1800$     |                             |                     | 0,2038e+1                | -0,8885e-1 | 0,3046e0  | 0,3106e+1  | -0,8533e+1 |
| $r3 = \infty$             | $d3 = 0,0500$     |                             |                     |                          |            |           |            |            |
| $r4 = \infty$             | $d4 = 0,1200$     |                             |                     |                          |            |           |            |            |
| $r5 = -1,5132$            | $d5 = 1,0000$     | $N5 = 1,53$                 | $v5 = 56,0$         | 0,4601e+1                | 0,6354e-1  | -0,9808e0 | 0,7594e0   | 0,1325e+1  |
| $r6 = -0,9973$            | $d6 = 1,3415$     |                             |                     | 0,1829e0                 | -0,1055e-1 | 0,8696e-1 | -0,1550e0  | 0,8639e-1  |
| $r7 = \infty$             | $d7 = 0,5000$     | $N7 = 1,52$                 | (Filter)            |                          |            |           |            |            |
| $r8 = \infty$             | $d8 = 1,0000$     |                             |                     |                          |            |           |            |            |

Brennweite  $f = 3,718$  mm  
numerische Apertur F-Zahl = 2,80

Tabelle 2

## Zweite Ausführungsform

| Krümmungsradius ( $r_j$ ) | Abstand ( $d_j$ ) | Brechungsvermögen ( $N_j$ ) | Abbe-Zahl ( $v_j$ ) | asphärischer Koeffizient |              |             |              |              |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|                           |                   |                             |                     | k                        | $A_0$        | $B_0$       | $C_0$        | $D_0$        |
| $r1 = 1,0200$             | $d1 = 1,0000$     | $N1 = 1,53$                 | $v1 = 56,0$         | $0,6600e-1$              | $-0,9800e-2$ | $0,1220e-1$ | $-0,3070e-1$ | $0,1540e-1$  |
| $r2 = 1,2660$             | $d2 = 0,1500$     |                             |                     | $0,3600e+1$              | $-0,1090e0$  | $0,3790e0$  | $-0,9480e0$  | $-0,1860e+1$ |
| $r3 = \infty$             | $d3 = 0,0500$     |                             |                     |                          |              |             |              |              |
| $r4 = \infty$             | $d4 = 0,1500$     |                             |                     |                          |              |             |              |              |
| $r5 = -1,7600$            | $d5 = 0,9500$     | $N5 = 1,53$                 | $v5 = 56,0$         | $0,9200e+1$              | $-0,1100e0$  | $0,4890e0$  | $-0,1520e+1$ | $-0,3900e-1$ |
| $r6 = -1,4860$            | $d6 = 0,4961$     |                             |                     | $0,1260e+1$              | $0,3200e-1$  | $-0,2300e0$ | $0,3200e0$   | $-0,1900e0$  |
| $r7 = \infty$             | $d7 = 0,5000$     | $N7 = 1,49$                 | (Filter)            |                          |              |             |              |              |
| $r8 = \infty$             | $d8 = 1,0000$     |                             |                     |                          |              |             |              |              |

Brennweite  $f = 3,800$  mm  
numerische Apertur F-Zahl = 2,80

Tabelle 3

## Dritte Ausführungsform

| Krümmungsradius ( $r_j$ ) | Abstand ( $d_j$ ) | Brechungsvermögen ( $N_j$ ) | Abbe-Zahl ( $v_j$ ) | asphärischer Koeffizient |              |              |              |              |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                           |                   |                             |                     | k                        | $A_0$        | $B_0$        | $C_0$        | $D_0$        |
| $r1 = 1,0546$             | $d1 = 1,1000$     | $N1 = 1,53$                 | $v1 = 56,0$         | $0,1538e0$               | $-0,3547e-2$ | $-0,1102e-1$ | $0,1157e-1$  | $-0,1312e-1$ |
| $r2 = 1,1658$             | $d2 = 0,1500$     |                             |                     | $0,3564e+1$              | $-0,1146e0$  | $0,6199e0$   | $-0,1363e+1$ | $-0,2819e+1$ |
| $r3 = \infty$             | $d3 = 0,0500$     |                             |                     |                          |              |              |              |              |
| $r4 = \infty$             | $d4 = 0,1000$     |                             |                     |                          |              |              |              |              |
| $r5 = -1,9760$            | $d5 = 0,9500$     | $N5 = 1,53$                 | $v5 = 56,0$         | $0,1106e+2$              | $-0,1139e0$  | $0,5364e0$   | $-0,2651e+1$ | $-0,2241e+1$ |
| $r6 = -1,1538$            | $d6 = 0,4597$     |                             |                     | $0,5836e0$               | $0,5789e-1$  | $-0,2171e0$  | $0,3016e0$   | $-0,1784e0$  |
| $r7 = \infty$             | $d7 = 0,5000$     | $N7 = 1,49$                 | (Filter)            |                          |              |              |              |              |
| $r8 = \infty$             | $d8 = 1,0000$     |                             |                     |                          |              |              |              |              |

Brennweite  $f = 3,302$  mm  
numerische Apertur F-Zahl = 2,80

Tabelle 4

## Vierte Ausführungsform

| Krümmungsradius ( $r_j$ ) | Abstand ( $d_j$ ) | Brechungsvermögen ( $N_j$ ) | Abbe-Zahl ( $v_j$ ) | asphärischer Koeffizient |              |              |              |              |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                           |                   |                             |                     | k                        | $A_0$        | $B_0$        | $C_0$        | $D_0$        |
| $r1 = 0,9810$             | $d1 = 1,0200$     | $N1 = 1,53$                 | $v1 = 56,0$         | $0,1538e0$               | $-0,4410e-2$ | $-0,1584e-1$ | $0,1923e-1$  | $-0,2521e-1$ |
| $r2 = 1,0840$             | $d2 = 0,1400$     |                             |                     | $0,3564e+1$              | $-0,1797e0$  | $0,8910e0$   | $-0,2265e+1$ | $-0,5418e+1$ |
| $r3 = \infty$             | $d3 = 0,0500$     |                             |                     |                          |              |              |              |              |
| $r4 = \infty$             | $d4 = 0,0890$     |                             |                     |                          |              |              |              |              |
| $r5 = -1,8380$            | $d5 = 0,8900$     | $N5 = 1,53$                 | $v5 = 56,0$         | $0,1106e+2$              | $-0,1416e0$  | $0,7711e0$   | $-0,4406e+1$ | $-0,4307e+1$ |
| $r6 = -1,0730$            | $d6 = 0,8404$     |                             |                     | $0,5836e0$               | $0,7197e-1$  | $-0,3121e0$  | $0,5013e0$   | $-0,3429e0$  |
| $r7 = \infty$             | $d7 = 0,5000$     | $N7 = 1,49$                 | (Filter)            |                          |              |              |              |              |
| $r8 = \infty$             | $d8 = 0,5000$     |                             |                     |                          |              |              |              |              |

Brennweite  $f = 3,073$  mm  
numerische Apertur F-Zahl = 2,80

Tabelle 5

Fünfte Ausführungsform

| Krümmungsradius ( $r_j$ ) | Abstand ( $d_j$ ) | Brechungsvermögen ( $N_j$ ) | Abbe-Zahl ( $v_j$ ) | asphärischer Koeffizient |              |              |              |              |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                           |                   |                             |                     | k                        | $A_0$        | $B_0$        | $C_0$        | $D_0$        |
| $r1 = 1,1547$             | $d1 = 1,0000$     | $N1 = 1,58$                 | $v1 = 30,0$         | $0,3245e0$               | $-0,1280e-1$ | $-0,2310e-1$ | $-0,1500e-1$ | $0,2145e-2$  |
| $r2 = 1,0521$             | $d2 = 0,1800$     |                             |                     | $0,2136e+1$              | $-0,5234e-1$ | $-0,7000e-1$ | $0,2556e+1$  | $-0,8533e+1$ |
| $r3 = \infty$             | $d3 = 0,0500$     |                             |                     |                          |              |              |              |              |
| $r4 = \infty$             | $d4 = 0,1200$     |                             |                     |                          |              |              |              |              |
| $r5 = -1,4365$            | $d5 = 1,0000$     | $N5 = 1,53$                 | $v5 = 56,0$         | $0,5158e+1$              | $0,1000e0$   | $-0,1156e+1$ | $0,1548e+1$  | $0,4300e+1$  |
| $r6 = -1,0050$            | $d6 = 1,3485$     |                             |                     | $0,1935e0$               | $0,2784e-1$  | $0,2389e-1$  | $-0,1500e0$  | $0,1463e0$   |
| $r7 = \infty$             | $d7 = 0,5000$     | $N7 = 1,52$                 | (Filter)            |                          |              |              |              |              |
| $r8 = \infty$             | $d8 = 1,0000$     |                             |                     |                          |              |              |              |              |

Brennweite  $f = 3,797$  mm  
 numerische Apertur F-Zahl = 2,80

Tabelle 6

Sechste Ausführungsform

| Krümmungsradius ( $r_j$ ) | Abstand ( $d_j$ ) | Brechungsvermögen ( $N_j$ ) | Abbe-Zahl ( $v_j$ ) | asphärischer Koeffizient |              |             |              |              |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|                           |                   |                             |                     | k                        | $A_0$        | $B_0$       | $C_0$        | $D_0$        |
| $r1 = 1,0050$             | $d1 = 1,1000$     | $N1 = 1,53$                 | $v1 = 56,0$         | $0,7037e-1$              | $-0,1140e-1$ | $0,1400e-1$ | $-0,3210e-1$ | $0,1410e-1$  |
| $r2 = 1,2501$             | $d2 = 0,1500$     |                             |                     | $0,3323e+1$              | $-0,1200e0$  | $0,7480e0$  | $0,6630e-1$  | $-0,3000e+1$ |
| $r3 = \infty$             | $d3 = 0,0500$     |                             |                     |                          |              |             |              |              |
| $r4 = \infty$             | $d4 = 0,1500$     |                             |                     |                          |              |             |              |              |
| $r5 = -1,7322$            | $d5 = 0,9500$     | $N5 = 1,58$                 | $v5 = 30,0$         | $0,7800e+1$              | $-0,7600e-1$ | $0,4540e0$  | $-0,1600e+1$ | $0,2660e+1$  |
| $r6 = -1,5507$            | $d6 = 0,5001$     |                             |                     | $0,1230e+1$              | $0,4940e-1$  | $-0,2000e0$ | $0,2100e0$   | $-0,1000e0$  |
| $r7 = \infty$             | $d7 = 0,5000$     | $N7 = 1,49$                 | (Filter)            |                          |              |             |              |              |
| $r8 = \infty$             | $d8 = 1,0000$     |                             |                     |                          |              |             |              |              |

Brennweite  $f = 3,799$  mm  
 numerische Apertur F-Zahl = 2,80

Tabelle 7

## Siebte Ausführungsform

| Krümmungsradius ( $r_j$ ) | Abstand ( $d_j$ ) | Brechungsvermögen ( $N_j$ ) | Abbe-Zahl ( $v_j$ ) | asphärischer Koeffizient |                |                |                |                |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                           |                   |                             |                     | k                        | A <sub>0</sub> | B <sub>0</sub> | C <sub>0</sub> | D <sub>0</sub> |
| r1 = 1,0807               | d1 = 1,1000       | N1 = 1,58                   | v1 = 30,0           | 0,1212e0                 | -0,2155e-1     | 0,3330e-1      | -0,4470e-1     | 0,1366e-1      |
| r2 = 1,2496               | d2 = 0,1500       |                             |                     | 0,3100e+1                | -0,1115e0      | 0,7037e0       | -0,8670e0      | -0,1430e+1     |
| r3 = ∞                    | d3 = 0,0500       |                             |                     |                          |                |                |                |                |
| r4 = ∞                    | d4 = 0,1500       |                             |                     |                          |                |                |                |                |
| r5 = -1,9498              | d5 = 0,9500       | N5 = 1,58                   | v5 = 30,0           | 0,7550e+1                | -0,7000e-1     | 0,2770e0       | -0,2100e+1     | 0,2000e+1      |
| r6 = -1,6027              | d6 = 0,5091       |                             |                     | 0,1300e+1                | 0,1970e-1      | -0,1600e0      | 0,2140e0       | -0,1250e0      |
| r7 = ∞                    | d7 = 0,5000       | N7 = 1,49                   | (Filter)            |                          |                |                |                |                |
| r8 = ∞                    | d8 = 1,0000       |                             |                     |                          |                |                |                |                |

Brennweite  $f = 3,792$  mm  
numerische Apertur F-Zahl = 2,80

[0071] Nachfolgend werden die ersten bis siebten Ausführungsformen gemäß [Fig. 2](#) bis [Fig. 29](#) erklärt.

[0072] [Fig. 2](#), [Fig. 6](#), [Fig. 10](#), [Fig. 14](#), [Fig. 18](#), [Fig. 22](#) und [Fig. 26](#) zeigen zusammenfassende Zeichnungen

der Linsenordnungen. [Fig. 3](#), [Fig. 7](#), [Fig. 11](#), [Fig. 15](#), [Fig. 19](#), [Fig. 23](#) und [Fig. 27](#) zeigen Verzeichnungsaberrationskurven, [Fig. 4](#), [Fig. 8](#), [Fig. 12](#), [Fig. 16](#), [Fig. 20](#), [Fig. 24](#) und [Fig. 28](#) zeigen astigmatische Aberrationskurven und [Fig. 5](#), [Fig. 9](#), [Fig. 13](#), [Fig. 17](#), [Fig. 21](#), [Fig. 25](#) und [Fig. 29](#) zeigen chromatische/sphärische Aberrationskurven.

**[0073]** Verzeichnungsaberrationskurven zeigen den Betrag der Aberration (der Betrag, um den die Tangentenbedingung entlang der horizontalen Achse nicht erfüllt ist, angegeben als ein Prozentwert) in Bezug auf den Abstand von der optischen Achse (angegeben als ein Prozentwert, wobei 100 der maximale Abstand von der optischen Achse in der Bildebene entlang der vertikalen Achse ist). Astigmatische Aberrationskurven bezeichnen ähnlich den Verzeichnungsaberrationskurven den Betrag an Aberration entlang der horizontalen Achse (in Millimeteereinheiten) in Bezug auf den Abstand von der optischen Achse. In dem Fall der astigmatischen Aberration sind Aberrationsbeträge in der Meridionalebene und in der Sagittalbildebene (in Millimeteereinheiten) auf der horizontalen Achse gezeigt. Chromatische/sphärische Aberrationskurven zeigen Aberrationsbeträge auf der horizontalen Achse (in Millimeteereinheiten) in Bezug auf den Einfallswinkel  $h$  (F-Zahl). Chromatische/sphärische Aberrationskurven zeigen Aberrationsbeträge für die C-Linie (Licht mit einer Wellenlänge von 656,3 nm), die d-Linie (Licht mit einer Wellenlänge von 587,6 nm), der e-Linie (Licht mit einer Wellenlänge von 546,1 nm), der F-Linie (Licht mit einer Wellenlänge von 486,1 nm) und der g-Linie (Licht mit einer Wellenlänge von 435,8 nm). Der angegebene Brechungsindex ist der Brechungsindex für die d-Linie (Licht mit einer Wellenlänge von 587,6 nm).

**[0074]** Nachfolgend werden Merkmale jeder dieser Ausführungsformen beschrieben. Die ersten bis vierten Ausführungsformen verwendeten alle für die erste Linse L1 und die zweite Linse L2, die eine Meniskusform mit konvexer Oberfläche, welche zu der Objektseite hinzeigt, und mit positiver Brechkraft aufweisen, ZEONEX E48R, ein Cycloolefin-Kunststoff (ZEONEX ist eine eingetragene Marke und E48R ist eine Produktzahl von Nippon Zeon Co., Ltd.; nachfolgend wird dieser Kunststoff einfach als „ZEONEX“ bezeichnet). In der fünften Ausführungsform wurde Polycarbonat für die erste Linse L1 und ZEONEX für die zweite Linse L2 verwendet. In der sechsten Ausführungsform wurde ZEONEX für die erste Linse L1 verwendet und Polycarbonat wurde für die zweite Linse L2 verwendet. In der siebten Ausführungsform wurde Polycarbonat sowohl für die erste Linse L1 als auch für die zweite Linse L2 verwendet.

**[0075]** Beide Oberflächen der ersten Linse L1 sowie beide Oberflächen der zweiten Linse L2 wurden so gebildet, dass sie asphärisch sind. Das heißt, die Anzahl von asphärischen Oberflächen betrug vier in jeder der Ausführungsformen.

**[0076]** Die Abbe-Zahl des ZEONEX E48R, welches das Material der ersten Linse L1 und der zweiten Linse L2 war, betrug 56 (der Brechungsindex der d-Linie betrug 1,53) und die Abbe-Zahl von Polycarbonat betrug 30 (der Brechungsindex für die d-Linie betrug 1,58). In Simulationsergebnissen wurde beobachtet, dass wenn die Abbe-Zahl dieser Linsenmaterialien in dem Bereich von 30 bis 60 lag, kein effektiver Unterschied in der Aberration und anderen Aspekten der Linsenleistung auftrat. Das heißt, wenn die Abbe-Zahl in dem oben angegebenen numerischen Bereich lag, konnten die verschiedenen Aberrationen eines Objektivs zur Bildaufnahme gemäß Ausführungsformen dieser Erfindung zufriedenstellend korrigiert werden, verglichen mit den verschiedenen Aberrationen eines herkömmlichen Objektivs zur Bildaufnahme. Darüber hinaus konnte ein Objektiv zur Bildaufnahme mit einer optischen Länge von höchstens 6 mm realisiert werden.

**[0077]** In jeder der ersten bis vierten Ausführungsformen ist ein Filter mit einer Dicke von 0,5 mm zwischen dem Linsensystem und der Bildaufnahmeplatte eingefügt. In der ersten Ausführungsform und der fünften Ausführungsform war das Material dieses Filters Acryl (mit einem Brechungsindex von 1,52 für die d-Linie). In den zweiten, dritten, vierten, sechsten und siebten Ausführungsformen war das Material dieses Filters Glas (mit einem Brechungsindex von 1,49 für die d-Linie). Die verschiedenen, nachfolgend beschriebenen Aberrationen wurden berechnet unter der Annahme des Vorhandenseins dieses Filters.

#### Erste Ausführungsform

- (A) Die Brennweite  $f$  des gesamten Objektivs beträgt  $f = 3,718$  mm.
- (B) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_5$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_5 = -1,5132$  mm.
- (C) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_6$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_6 = -0,9973$  mm.
- (D) Der Brennpunktstand von der Objektivrückseite  $bf$  beträgt  $bf = 2,671$  mm.
- (E) Der Abstand in Luft von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 zu der Bildebene, das heißt die optische Länge  $d$ , beträgt  $d = 5,021$  mm.
- (F) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_1 = 1,1005$  mm.

- (G) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_2$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_2 = 0,9969$  mm.  
 (H) Der Abstand  $D_2$  zwischen der ersten Linse L1 und der zweiten Linse L2 beträgt  $D_2 = 0,35$  mm.  
 (I) Die Brennweite  $f_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $f_1 = 8,68$  mm.  
 (J) Die Brennweite  $f_2$  der zweiten Linse L2 beträgt  $f_2 = 3,34$  mm.

**[0078]** Daher wurde das Folgende erhalten:

- (1)  $|r_5/f| = |-1,5132/3,718| = 0,407$ ,
- (2)  $(r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) = (1,5132 + 0,9973)/(1,5132 - 0,9973) = 4,866$ ,
- (3)  $d/f = 5,021/3,718 = 1,350$ ,
- (4)  $r_1/r_2 = 1,1005/0,9969 = 1,104$  und
- (5)  $D_2/f = 0,35/3,718 = 0,0941$ .

**[0079]** Daher erfüllt das Linsensystem der ersten Ausführungsform alle der folgenden Bedingungsgleichungen (1) bis (5).

$$0,2 < |r_5/f| < 3,1 \quad (1)$$

$$3,0 < (r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) < 19,0 \quad (2)$$

$$1,0 < d/f < 1,5 \quad (3)$$

$$0,5 < r_1/r_2 < 2,0 \quad (4)$$

$$0,08 < D_2/f < 0,1 \quad (5)$$

**[0080]** Nachfolgend bezeichnet "Bedingungsgleichungen" die oben angegebenen fünf Gleichungen (1) bis (5).

**[0081]** Die Aperturblende S1 ist an einem Ort 0,18 mm ( $d_2 = 0,18$  mm) vor der zweiten Oberfläche (der bildseitigen Oberfläche) der ersten Linse L1 vorgesehen, wie in Tabelle 1 angegeben. Die numerische Apertur (F-Zahl) beträgt 2,8 und die kombinierte Brennweite  $f$  beträgt 3,718 mm.

**[0082]** [Fig. 2](#) zeigt eine Querschnittsansicht des Objektivs zur Bildaufnahme gemäß der ersten Ausführungsform. Die optische Länge dieses Objektivs zur Bildaufnahme beträgt 5,021 mm, ein Wert, der innerhalb der 6 mm-Grenze liegt. Der Brennpunktastand von der Objektivrückseite von 2,671 mm ist ebenfalls ausreichend lang.

**[0083]** Die in [Fig. 3](#) gezeigte Verzeichnungsaberrationskurve **20**, die in [Fig. 4](#) gezeigten astigmatischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **22** für die Meridionalebene und Aberrationskurve **24** für die Sagittalebene) und die in [Fig. 5](#) gezeigten chromatischen/sphärischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **26** für die C-Linie, Aberrationskurve **28** für die d-Linie, Aberrationskurve **30** für die e-Linie, Aberrationskurve **32** für die F-Linie und Aberrationskurve **34** für die g-Linie) sind jeweils in den Graphen gezeigt.

**[0084]** Die vertikalen Achsen für die Aberrationskurven in [Fig. 3](#) und in [Fig. 4](#) geben die Bildhöhe als einen Prozentwert des Abstandes von der optischen Achse an. In [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) entsprechen 100 %, 85 %, 80 %, 70 %, 50 %, und 30 % 2,24 mm, 1,90 mm, 1,79 mm, 1,56 mm, 1,12 mm bzw. 0,67 mm. In der ersten Ausführungsform ist die Bildhöhe von 2,24 mm, wenn sie in den Winkel umgewandelt wird, der von dem Führungsstrahl vor dem Einfall auf das Linsensystem mit der optischen Achse gebildet wird, gleich  $31,5^\circ$ . Die vertikale Achse der Aberrationskurven aus [Fig. 5](#) bezeichnet den Einfallswinkel  $h$  (F-Zahl), dessen Maximum  $F_{2,8}$  entspricht. In [Fig. 5](#) gibt die horizontale Achse die Stärke der Aberration an.

**[0085]** Der absolute Wert des Betrags an Verzeichnungsaberration ist maximal bei 1,76 %, an der Position für 100 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 2,24 mm), bei Bildhöhen gleich oder weniger als 2,24 mm liegt der absolute Wert des Aberrationsbetrags innerhalb von 1,76 %.

**[0086]** Der absolute Wert der astigmatischen Aberration in der Meridionalebene ist maximal bei 0,0876 mm, an der Position von 60 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 1,34 mm) und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,0876 mm bei Bildhöhen von 2,24 mm und weniger.

**[0087]** Der absolute Wert der chromatischen/sphärischen Aberration ist maximal bei 0,15 mm für die g-Linie

bei einem Einfallswinkel  $h$  von 50 % und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,15 mm.

### Zweite Ausführungsform

- (A) Die Brennweite  $f$  des gesamten Objektivs beträgt  $f = 3,800$  mm.
- (B) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_5$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_5 = -1,760$  mm.
- (C) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_6$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_6 = -1,486$  mm.
- (D) Der Brennpunktsweg von der Objektivrückseite  $bf$  beträgt  $bf = 1,831$  mm.
- (E) Der Abstand in Luft von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 zu der Bildebene, das heißt die optische Länge  $d$ , beträgt  $d = 4,231$  mm.
- (F) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_1 = 1,020$  mm.
- (G) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_2$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_2 = 1,266$  mm.
- (H) Der Abstand  $D_2$  zwischen der ersten Linse L1 und der zweiten Linse L2 beträgt  $D_2 = 0,35$  mm.
- (I) Die Brennweite  $f_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $f_1 = 3,94$  mm.
- (J) Die Brennweite  $f_2$  der zweiten Linse L2 beträgt  $f_2 = 8,29$  mm.

**[0088]** Daher wird das Folgende erhalten:

- (1)  $|r_5/f| = |-1,760/3,800| = 0,463$ ,
- (2)  $(r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) = (1,760 + 1,486)/(1,760 - 1,486) = 11,85$ ,
- (3)  $d/f = 4,231/3,800 = 1,1134$ ,
- (4)  $r_1/r_2 = 1,020/1,266 = 0,806$ , und
- (5)  $D_2/f = 0,35/3,800 = 0,0921$ .

**[0089]** Daher erfüllt das Linsensystem der zweiten Ausführungsform alle der folgenden Bedingungsgleichungen (1) bis (5).

$$0,2 < |r_5/f| < 3,1 \quad (1)$$

$$3,0 < (r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) < 19,0 \quad (2)$$

$$1,0 < d/f < 1,5 \quad (3)$$

$$0,5 < r_1/r_2 < 2,0 \quad (4)$$

$$0,08 < D_2/f < 0,1 \quad (5)$$

**[0090]** Die Aperturblende S1 ist an einer Position 0,15 mm ( $d_2 = 0,15$  mm) vor der zweiten Oberfläche (der bildseitigen Oberfläche) der ersten Linse L1, wie in Tabelle 2 angegeben, vorgesehen. Die numerische Apertur (F-Zahl) beträgt 2,8 und die kombinierte Brennweite  $f$  beträgt 3,800 mm.

**[0091]** [Fig. 6](#) zeigt eine Querschnittsansicht des Objektivs zur Bildaufnahme gemäß der zweiten Ausführungsform. Die optische Länge dieses Objektivs zur Bildaufnahme beträgt 4,231 mm, ein Wert, der innerhalb der 6 mm-Grenze liegt. Der Brennpunktsweg von der Objektivrückseite von 1,831 mm ist ebenfalls ausreichend lang.

**[0092]** Die in [Fig. 7](#) gezeigte Verzeichnungsaberrationskurve **36**, die in [Fig. 8](#) gezeigten astigmatischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **38** für die Meridionalebene und Aberrationskurve **40** für die Sagittalebene) und die in [Fig. 9](#) gezeigten chromatischen/sphärischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **42** für die C-Linie, Aberrationskurve **44** für die d-Linie, Aberrationskurve **46** für die e-Linie, Aberrationskurve **48** für die F-Linie und Aberrationskurve **50** für die g-Linie) sind jeweils in Graphen dargestellt. Die vertikalen Achsen für die Aberrationskurven in [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zeigen die Bildhöhe als einen Prozentwert des Abstandes von der optischen Achse. 100 %, 85 %, 80 %, 70 %, 50 %, und 30 % entsprechen 2,24 mm, 1,91 mm, 1,80 mm, 1,58 mm, 1,13 mm bzw. 0,68 mm. In der zweiten Ausführungsform ist die Bildhöhe von 2,24 mm, wenn sie in den Winkel umgerechnet wird, der von dem Führungsstrahl vor dem Einfall auf das Linsensystem mit der optischen Achse gebildet wird, gleich 31,0°. Die vertikalen Achsen der Aberrationskurven aus [Fig. 9](#) geben den Einfallswinkel  $h$  (F-Zahl) an, dessen Maximum F2,8 entspricht. In [Fig. 9](#) gibt die horizontale Achse den Betrag der Aberration an.

**[0093]** Der absolute Wert des Betrags an Verzeichnungsaberration ist maximal bei 2,46 % bei der Position von 100 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 2,24 mm); bei Bildhöhen gleich oder weniger als 2,24 mm liegt der

absolute Wert des Aberrationsbetrags innerhalb von 2,46 %.

**[0094]** Der absolute Wert der astigmatischen Aberrationen der Meridionalebene ist maximal bei 0,0696 mm, an der Position von 100 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 2,24 mm) und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,0696 mm bei Bildhöhen von 2,24 mm und weniger.

**[0095]** Der absolute Wert der chromatischen/sphärischen Aberration ist maximal bei 0,12 mm für die g-Linie für einen Einfallswinkel  $h$  von 100 % und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,12 mm.

#### Dritte Ausführungsform

- (A) Die Brennweite  $f$  des gesamten Objektivs beträgt  $f = 3,302$  mm.
- (B) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_5$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_5 = -1,976$  mm.
- (C) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_6$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_6 = -1,154$  mm.
- (D) Der Brennpunktswert von der Objektivrückseite  $bf$  beträgt  $bf = 1,795$  mm.
- (E) Der Abstand in Luft von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 zu der Bildebene, das heißt die optische Länge  $d$ , beträgt  $d = 4,145$  mm.
- (F) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_1 = 1,0546$  mm.
- (G) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_2$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_2 = 1,1658$  mm.
- (H) Der Abstand  $D_2$  zwischen der ersten Linse L1 und der zweiten Linse L2 beträgt  $D_2 = 0,30$  mm.
- (I) Die Brennweite  $f_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $f_1 = 4,78$  mm.
- (J) Die Brennweite  $f_2$  der zweiten Linse L2 beträgt  $f_2 = 3,78$  mm.

**[0096]** Daher wird das Folgende erhalten:

- (1)  $|r_5/f| = |-1,976/3,302| = 0,598$ ,
- (2)  $(r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) = (1,976 + 1,154)/(1,976 - 1,154) = 3,808$ ,
- (3)  $d/f = 4,145/3,302 = 1,2553$ ,
- (4)  $r_1/r_2 = 1,0546/1,1658 = 0,905$  und
- (5)  $D_2/f = 0,3/3,302 = 0,0909$ .

**[0097]** Daher erfüllt das Linsensystem gemäß der dritten Ausführungsform alle der folgenden Bedingungen (1) bis (5).

$$0,2 < |r_5/f| < 3,1 \quad (1)$$

$$3,0 < (r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) < 19,0 \quad (2)$$

$$1,0 < d/f < 1,5 \quad (3)$$

$$0,5 < r_1/r_2 < 2,0 \quad (4)$$

$$0,08 < D_2/f < 0,1 \quad (5)$$

**[0098]** Die Aperturblende S1 ist an einer Position 0,15 mm ( $d_2 = 0,15$  mm) vor der zweiten Oberfläche (der bildseitigen Oberfläche) der ersten Linse L1, wie in Tabelle 3 angegeben, vorgesehen. Die numerische Apertur (F-Zahl) beträgt 2,8 und die kombinierte Brennweite  $f$  beträgt 3,302 mm.

**[0099]** [Fig. 10](#) zeigt eine Querschnittsansicht des Objektivs zur Bildaufnahme gemäß der dritten Ausführungsform. Die optische Länge dieses Objektivs zur Bildaufnahme beträgt 4,145 mm, ein Wert, der innerhalb der 6 mm-Grenze liegt. Der Brennpunktswert von der Objektivrückseite bei 1,795 mm ist ebenfalls ausreichend lang.

**[0100]** Die in [Fig. 11](#) gezeigte Verzeichnungsaberrationskurve **52**, die in [Fig. 12](#) gezeigten astigmatischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **54** für die Meridionalebene und Aberrationskurve **56** für die Sagittalebene) und die in [Fig. 13](#) gezeigten chromatischen/sphärischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **58** für die C-Linie, Aberrationskurve **60** für die d-Linie, Aberrationskurve **62** für die e-Linie, Aberrationskurve **64** für die F-Linie und Aberrationskurve **66** für die g-Linie) sind jeweils in Graphen dargestellt. Die vertikalen Achsen für die Aberrationskurven in [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) geben die Bildhöhe als einen Prozentwert des Abstandes von der optischen Achse an. 100 %, 85 %, 80 %, 70 %, 50 %, und 30 % entsprechen 2,24 mm, 1,19 mm, 1,80 mm, 1,58 mm, 1,13 mm bzw. 0,68 mm. In der dritten Ausführungsform entspricht die Bildhöhe von 2,25 mm, wenn

sie in den Winkel umgewandelt wird, der zwischen dem Führungsstrahl vor dem Einfall auf das Linsensystem mit der optischen Achse gebildet wird,  $35,0^\circ$ . Die vertikale Achse der Aberrationskurven aus [Fig. 13](#) geben den Einfallabstand  $h$  (F-Zahl) an, dessen Maximum  $F2,8$  entspricht. In [Fig. 13](#) gibt die horizontale Achse den Betrag der Aberration an.

**[0101]** Der absolute Wert des Betrags an Verzeichnungsaberration ist maximal bei 2,65 % bei der Position von 100 % Bildhöhe (Bildhöhe 2,24 mm); bei Bildhöhen gleich oder geringer als 2,24 mm liegt der absolute Wert des Aberrationsbetrags innerhalb von 2,65 %.

**[0102]** Der absolute Wert der astigmatischen Aberration der Meridionalebene ist maximal bei 0,066 mm, bei der Position von 100 % Bildhöhe (Bildhöhe 2,24 mm) und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,06 mm bei Bildhöhen von 2,24 mm und weniger.

**[0103]** Der absolute Wert der chromatischen/sphärischen Aberration ist maximal bei 0,102 mm, für die g-Linie für einen Einfallabstand  $h$  von 70 % und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,102 mm.

#### Vierte Ausführungsform

- (A) Die Brennweite  $f$  des gesamten Objektivs beträgt  $f = 3,073$  mm.
- (B) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_5$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_5 = -1,838$  mm.
- (C) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_6$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_6 = -1,073$  mm.
- (D) Der Brennpunktastand von der Objektivrückseite  $b_f$  beträgt  $b_f = 1,675$  mm.
- (E) Der Abstand in Luft von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 zu der Bildebene, das heißt die optische Länge  $d$ , beträgt  $d = 3,864$  mm.
- (F) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_1 = 0,981$  mm.
- (G) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_2$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_2 = 1,084$  mm.
- (H) Der Abstand  $D_2$  zwischen der ersten Linse L1 und der zweiten Linse L2 beträgt  $D_2 = 0,279$  mm.
- (I) Die Brennweite  $f_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $f_1 = 4,46$  mm.
- (J) Die Brennweite  $f_2$  der zweiten Linse L2 beträgt  $f_2 = 3,51$  mm.

**[0104]** Daher wird das Folgende erhalten:

- (1)  $|r_5/f| = |-1,838/3,073| = 0,598$ ,
- (2)  $(r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) = (1,838 + 1,073)/(1,838 - 1,073) = 3,805$ ,
- (3)  $d/f = 3,864/3,073 = 1,2574$ ,
- (4)  $r_1/r_2 = 0,981/1,084 = 0,905$  und
- (5)  $D_2/f = 0,279/3,073 = 0,0908$ .

**[0105]** Daher erfüllt das Linsensystem gemäß der vierten Ausführungsform alle der folgenden Bedingungen (1) bis (5).

$$0,2 < |r_5/f| < 3,1 \quad (1)$$

$$3,0 < (r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) < 19,0 \quad (2)$$

$$1,0 < d/f < 1,5 \quad (3)$$

$$0,5 < r_1/r_2 < 2,0 \quad (4)$$

$$0,08 < D_2/f < 0,1 \quad (5)$$

**[0106]** Die Aperturblende S1 wird an einem Ort 0,14 mm ( $d_2 = 0,14$  mm) vor der zweiten Oberfläche (der bildseitigen Oberfläche) der ersten Linse L1 bereitgestellt, wie in Tabelle 4 angegeben. Die numerische Apertur (F-Zahl) beträgt 2,8 und die kombinierte Brennweite  $f$  beträgt 3,073 mm.

**[0107]** [Fig. 14](#) zeigt eine Querschnittsansicht des Objektivs zur Bildaufnahme gemäß der vierten Ausführungsform. Die optische Länge dieses Objektivs zur Bildaufnahme beträgt 3,864 mm, ein Wert, der innerhalb der 6 mm-Grenze liegt. Der Brennpunktastand von der Objektivrückseite von 1,675 mm ist ebenfalls ausreichend lang.

**[0108]** Die in [Fig. 15](#) gezeigte Verzeichnungsaberrationskurve **68**, die in [Fig. 16](#) gezeigten astigmatischen

Aberrationskurven (Aberrationskurve **70** für die Meridionalebene und Aberrationskurve **72** für die Sagittalebene) und die in [Fig. 17](#) gezeigten chromatischen/sphärischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **74** für die C-Linie, Aberrationskurve **76** für die d-Linie, Aberrationskurve **78** für die e-Linie, Aberrationskurve **80** für die F-Linie und Aberrationskurve **82** für die g-Linie) sind jeweils in Graphen dargestellt.

**[0109]** Die vertikalen Achsen für die Aberrationskurven in [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) bezeichnen die Bildhöhe als einen Prozentwert des Abstandes von der optischen Achse. 100 %, 85 %, 80 %, 70 %, 50 %, und 30 % entsprechen 1,80 mm, 1,53 mm, 1,44 mm, 1,26 mm, 0,90 mm bzw. 0,54 mm. In der vierten Ausführungsform entspricht die Bildhöhe von 1,80 mm, wenn sie in den Winkel umgewandelt wird, der von dem Führungsstrahl vor dem Einfall auf das Linsensystem mit der optischen Achse gebildet wird,  $31,0^\circ$ . Die vertikalen Achsen der Aberrationskurven aus [Fig. 17](#) bezeichnen den Einfallswinkel  $h$  (F-Zahl), dessen Maximum  $F2,8$  entspricht. In [Fig. 17](#) bezeichnet die horizontale Achse den Betrag der Aberration.

**[0110]** Der absolute Wert des Betrags an Verzeichnungsaberration ist maximal bei 1,83 %, an dem Ort von 100 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 1,80 mm); bei Bildhöhen gleich oder weniger als 1,80 mm liegt der absolute Wert des Betrags an Aberration innerhalb von 1,83 %.

**[0111]** Der absolute Wert der astigmatischen Aberration in der Meridionalebene ist maximal bei 0,039 mm, an der Position von 80 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 1,44 mm) und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,039 mm bei Bildhöhen von 1,80 mm und weniger.

**[0112]** Der absolute Wert der chromatischen/sphärischen Aberration ist maximal bei 0,0924 mm, für die g-Linie bei einem Einfallswinkel  $h$  von 70 % und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,0924 mm.

#### Fünfte Ausführungsform

- (A) Die Brennweite  $f$  des gesamten Objektivs beträgt  $f = 3,797$  mm.
- (B) Der objektseitige Krümmungsradius  $r5$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r5 = -1,4365$  mm.
- (C) Der bildseitige Krümmungsradius  $r6$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r6 = -1,0050$  mm.
- (D) Der Brennpunktsweg von der Objektivrückseite  $bf$  beträgt  $bf = 2,678$  mm.
- (E) Der Abstand in Luft von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 zu der Bildebene, das heißt die optische Länge  $d$ , beträgt  $d = 5,028$  mm.
- (F) Der objektseitige Krümmungsradius  $r1$  der ersten Linse L1 beträgt  $r1 = 1,1547$  mm.
- (G) Der bildseitige Krümmungsradius  $r2$  der ersten Linse L1 beträgt  $r2 = 1,0521$  mm.
- (H) Der Abstand  $D2$  zwischen der ersten Linse L1 und der zweiten Linse L2 beträgt  $D2 = 0,350$  mm.
- (I) Die Brennweite  $f1$  der ersten Linse L1 beträgt  $f1 = 7,84$  mm.
- (J) Die Brennweite  $f2$  der zweiten Linse L2 beträgt  $f2 = 3,55$  mm.

**[0113]** Dabei wird das Folgende erhalten:

- (1)  $|r5/f| = |-1,4365/3,797| = 0,3783$ ,
- (2)  $(r5 + r6)/(r5 - r6) = (1,4365 + 1,0050)/(1,4365 - 1,0050) = 5,6582$ ,
- (3)  $d/f = 5,028/3,797 = 1,3242$ ,
- (4)  $r1/r2 = 1,1574/1,0521 = 1,1001$  und
- (5)  $D2/f = 0,350/3,797 = 0,0922$ .

**[0114]** Daher erfüllt das Linsensystem gemäß der fünften Ausführungsform alle der folgenden Bedingungen (1) bis (5).

$$0,2 < |r5/f| < 3,1 \quad (1)$$

$$3,0 < (r5 + r6)/(r5 - r6) < 19,0 \quad (2)$$

$$1,0 < d/f < 1,5 \quad (3)$$

$$0,5 < r1/r2 < 2,0 \quad (4)$$

$$0,08 < D2/f < 0,1 \quad (5)$$

**[0115]** Die Aperturblende S1 ist an einer Position 0,18 mm ( $d2 = 0,18$  mm) vor der zweiten Oberfläche (der bildseitigen Oberfläche) der ersten Linse L1 vorgesehen, wie in Tabelle 5 angegeben. Die numerische Apertur

(F-Zahl) beträgt 2,8 und die kombinierte Brennweite  $f$  beträgt 3,797 mm.

[0116] **Fig. 18** zeigt eine Querschnittsansicht des Objektivs zur Bildaufnahme gemäß der fünften Ausführungsform. Die optische Länge dieses Objektivs zur Bildaufnahme beträgt 5,028 mm, ein Wert, der innerhalb der 6 mm-Grenze liegt. Der Brennpunktabstand von der Objektivrückseite von 2,678 mm ist ebenfalls ausreichend lang.

[0117] Die in **Fig. 19** gezeigte Verzeichnungsaberrationskurve **84**, die in **Fig. 20** gezeigten astigmatischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **86** für die Meridionalebene und Aberrationskurve **88** für die Sagittalebene) und die in **Fig. 21** gezeigten chromatischen/sphärischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **90** für die C-Linie, Aberrationskurve **92** für die d-Linie, Aberrationskurve **94** für die e-Linie, Aberrationskurve **96** für die F-Linie und Aberrationskurve **98** für die g-Linie) sind jeweils in Graphen dargestellt.

[0118] Die vertikalen Achsen für die Aberrationskurven in **Fig. 19** und **Fig. 20** bezeichnen die Bildhöhe als einen Prozentwert des Abstandes von der optischen Achse. 100 %, 85 %, 80 %, 70 %, 50 %, und 30 % entsprechen 2,24 mm, 1,90 mm, 1,79 mm, 1,57 mm, 1,12 mm bzw. 0,67 mm. In der fünften Ausführungsform entspricht die Bildhöhe von 2,24 mm, wenn sie in den Winkel umgewandelt wird, der zwischen dem Führungsstrahl vor dem Einfall auf das Linsensystem mit der optischen Achse gebildet wird,  $30,3^\circ$ . Die vertikalen Achsen der Aberrationskurven aus **Fig. 21** bezeichnen den Einfallswinkel  $h$  (F-Zahl), dessen Maximum  $F2,8$  entspricht. In **Fig. 21** gibt die horizontale Achse die Stärke der Aberration.

[0119] Der absolute Wert des Betrags an Verzeichnungsaberration ist maximal bei 0,83 %, an der Position von 100 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 2,24 mm); bei Bildhöhen gleich oder weniger als 2,24 mm liegt der absolute Wert des Betrags der Aberration innerhalb von 0,83 %.

[0120] Der absolute Wert der astigmatischen Aberration in der Meridionalebene ist maximal bei 0,103 mm, an dem Ort von 60 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 1,34 mm) und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,103 mm bei Bildhöhen von 2,24 mm und weniger.

[0121] Der absolute Wert der chromatischen/sphärischen Aberration ist maximal bei 0,2608 mm, für die g-Linie bei einem Einfallswinkel  $h$  von 100 %, und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,2608 mm.

#### Sechste Ausführungsform

- (A) Die Brennweite  $f$  des gesamten Objektivs beträgt  $f = 3,799$  mm.
- (B) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_5$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_5 = -1,7322$  mm.
- (C) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_6$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_6 = -1,5507$  mm.
- (D) Der Brennpunktabstand von der Objektivrückseite  $b_f$  beträgt  $b_f = 1,835$  mm.
- (E) Der Abstand in Luft von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 zu der Bildebene, das heißt die optische Länge  $d$ , beträgt  $d = 4,235$  mm.
- (F) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_1 = 1,005$  mm.
- (G) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_2$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_2 = 1,250$  mm.
- (H) Der Abstand  $D_2$  zwischen der ersten Linse L1 und der zweiten Linse L2 beträgt  $D_2 = 0,350$  mm.
- (I) Die Brennweite  $f_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $f_1 = 3,84$  mm.
- (J) Die Brennweite  $f_2$  der zweiten Linse L2 beträgt  $f_2 = 8,67$  mm.

[0122] Daher wird das Folgende erhalten:

- (1)  $|r_5/f| = |-1,7322/3,799| = 0,456$ ,
- (2)  $(r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) = (1,7322 + 1,5507)/(1,7322 - 1,5507) = 18,09$ ,
- (3)  $d/f = 4,235/3,799 = 1,1148$ ,
- (4)  $r_1/r_2 = 1,005/1,250 = 0,804$  und
- (5)  $D_2/f = 0,350/3,799 = 0,0921$ .

[0123] Daher erfüllt das Linsensystem gemäß der sechsten Ausführungsform alle der folgenden Bedingungen (1) bis (5).

$$0,2 < |r_5/f| < 3,1 \quad (1)$$

$$3,0 < (r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) < 19,0 \quad (2)$$

$$1,0 < d/f < 1,5 \quad (3)$$

$$0,5 < r_1/r_2 < 2,0 \quad (4)$$

$$0,08 < D_2/f < 0,1 \quad (5)$$

**[0124]** Die Aperturblende S1 ist an einem Ort 0,15 mm ( $d_2 = 0,15$  mm) vor der zweiten Oberfläche (der bildseitigen Oberfläche) der ersten Linse L1 vorgesehen, wie in Tabelle 6 angegeben. Die numerische Apertur (F-Zahl) beträgt 2,8 und die kombinierte Brennweite  $f$  beträgt 3,799 mm.

**[0125]** [Fig. 22](#) zeigt eine Querschnittsansicht des Objektivs zur Bildaufnahme gemäß der sechsten Ausführungsform. Die optische Länge dieses Objektivs zur Bildaufnahme beträgt 4,235 mm, ein Wert, der innerhalb der 6 mm-Grenze liegt. Der Brennpunktabstand von der Objektivrückseite von 1,835 mm ist ebenfalls ausreichend lang.

**[0126]** Die in [Fig. 23](#) gezeigte Verzeichnungsaberrationskurve **100**, die in [Fig. 24](#) gezeigten astigmatischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **102** für die Meridionalebene und Aberrationskurve **104** für die Sagittalebene) und die in [Fig. 25](#) gezeigten chromatischen/sphärischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **106** für die C-Linie, Aberrationskurve **108** für die d-Linie, Aberrationskurve **110** für die e-Linie, Aberrationskurve **112** für die F-Linie und Aberrationskurve **114** für die g-Linie) sind jeweils in Graphen dargestellt.

**[0127]** Die vertikalen Achsen für die Aberrationskurven in [Fig. 23](#) und [Fig. 24](#) geben die Bildhöhe als einen Prozentwert des Abstandes von der optischen Achse an. 100 %, 85 %, 80 %, 70 %, 50 %, und 30 % entsprechen 2,24 mm, 1,90 mm, 1,79 mm, 1,57 mm, 1,12 mm bzw. 0,67 mm. In der sechsten Ausführungsform entspricht die Bildhöhe von 2,24 mm, wenn sie in den Winkel umgewandelt wird, der zwischen dem Führungsstrahl vor dem Einfall auf das Linsensystem mit der optischen Achse gebildet wird,  $30,8^\circ$ . Die vertikalen Achsen der Aberrationskurven aus [Fig. 25](#) bezeichnen den Einfallabstand  $h$  (F-Zahl), dessen Maximum  $F_{2,8}$  entspricht. Die horizontale Achse bezeichnet die Stärke der Aberration.

**[0128]** Der absolute Wert des Betrags an Verzeichnungsaberration ist maximal bei 0,91 %, an dem Ort von 100 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 2,24 mm); bei Bildhöhen gleich oder weniger als 2,24 mm liegt der absolute Wert des Betrags an Aberration innerhalb von 0,91 %.

**[0129]** Der absolute Wert des astigmatischen Aberrationen in der Sagittalebene ist maximal bei 0,056 mm, an der Position von 100 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 2,24 mm), und der absolute Wert der Aberration liegt nahe von innerhalb von 0,056 mm bei Bildhöhen von 2,24 mm und weniger.

**[0130]** Der absolute Wert der chromatischen/sphärischen Aberration ist maximal bei 0,129 mm, für die g-Linie bei einem Einfallabstand  $h$  von 100 % und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,129 mm.

#### Siebte Ausführungsform

- (A) Die Brennweite  $f$  des gesamten Objektivs beträgt  $f = 3,792$  mm.
- (B) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_5$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_5 = -1,9498$  mm.
- (C) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_6$  der zweiten Linse L2 beträgt  $r_6 = -1,6027$  mm.
- (D) Der Brennpunktabstand von der Objektivrückseite  $b_f$  beträgt  $b_f = 1,84$  mm.
- (E) Der Abstand in Luft von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse L1 zu der Bildebene, das heißt die optische Länge  $d$ , beträgt  $d = 4,244$  mm.
- (F) Der objektseitige Krümmungsradius  $r_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_1 = 1,0807$  mm.
- (G) Der bildseitige Krümmungsradius  $r_2$  der ersten Linse L1 beträgt  $r_2 = 1,2496$  mm.
- (H) Der Abstand  $D_2$  zwischen der ersten Linse L1 und der zweiten Linse L2 beträgt  $D_2 = 0,350$  mm.
- (I) Die Brennweite  $f_1$  der ersten Linse L1 beträgt  $f_1 = 4,04$  mm.
- (J) Die Brennweite  $f_2$  der zweiten Linse L2 beträgt  $f_2 = 7,69$  mm.

**[0131]** Daher wird das Folgende erhalten:

- (1)  $|r_5/f| = |-1,9498/3,792| = 0,5142$ ,
- (2)  $(r_5 + r_6)/(r_5 - r_6) = (1,9498 + 1,6027)/(1,9498 - 1,6027) = 10,2348$ ,
- (3)  $d/f = 4,244/3,792 = 1,1192$ ,
- (4)  $r_1/r_2 = 1,0807/1,2496 = 0,8648$  und
- (5)  $D_2/f = 0,350/3,792 = 0,0923$ .

**[0132]** Daher erfüllt das Linsensystem gemäß der siebten Ausführungsform alle der folgenden Bedingungsgleichungen (1) bis (5).

$$0,2 < |r5/f| < 3,1 \quad (1)$$

$$3,0 < (r5 + r6)/(r5 - r6) < 19,0 \quad (2)$$

$$1,0 < d/f < 1,5 \quad (3)$$

$$0,5 < r1/r2 < 2,0 \quad (4)$$

$$0,08 < D2/f < 0,1 \quad (5)$$

**[0133]** Die Aperturblende S1 ist an einem Ort 0,15 mm ( $d_2 = 0,15$  mm) vor der zweiten Oberfläche (der bildseitigen Oberfläche) der ersten Linse L1 vorgesehen, wie in Tabelle 7 angegeben. Die numerische Apertur (F-Zahl) beträgt 2,8 und die kombinierte Brennweite  $f$  beträgt 3,792 mm.

**[0134]** [Fig. 26](#) zeigt eine Querschnittsansicht des Objektivs zur Bildaufnahme gemäß der siebten Ausführungsform. Die optische Länge dieses Objektivs zur Bildaufnahme beträgt 4,244 mm, ein Wert, der innerhalb der 6 mm-Grenze liegt. Der Brennpunktabstand von der Objektivrückseite von 1,844 mm ist ebenfalls ausreichend lang.

**[0135]** Die in [Fig. 27](#) gezeigte Verzeichnungsaberrationskurve **116**, die in [Fig. 28](#) gezeigten astigmatischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **118** für die Meridionalebene und Aberrationskurve **120** für die Sagittalebene) und die in [Fig. 29](#) gezeigten chromatischen/sphärischen Aberrationskurven (Aberrationskurve **122** für die C-Linie, Aberrationskurve **124** für die d-Linie, Aberrationskurve **126** für die e-Linie, Aberrationskurve **128** für die F-Linie und Aberrationskurve **130** für die g-Linie) sind jeweils in Graphen gezeigt.

**[0136]** Die vertikalen Achsen für die Aberrationskurven in [Fig. 27](#) und [Fig. 28](#) bezeichnen die Bildhöhe als einen Prozentwert des Abstandes von der optischen Achse. 100 %, 85 %, 80 %, 70 %, 50 %, und 30 % entsprechen 2,24 mm, 1,90 mm, 1,79 mm, 1,57 mm, 1,12 mm bzw. 0,67 mm. In der siebten Ausführungsform entspricht die Bildhöhe von 2,24 mm, wenn sie in den Winkel umgewandelt wird, der von dem Führungsstrahl vor dem Einfall auf das Linsensystem mit der optischen Achse gebildet wird,  $30,8^\circ$ . Die vertikale Achse der Aberrationskurven aus [Fig. 29](#) gibt den Einfallswinkel  $h$  (F-Zahl) an, dessen Maximum F2,8 entspricht. Die horizontale Achse bezeichnet den Betrag der Aberration.

**[0137]** Der absolute Wert des Betrages an Verzeichnungsaberration ist maximal bei 0,96 %, bei der Position von 100 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 2,24 mm); bei Bildhöhen gleich oder weniger als 2,24 mm liegt der absolute Wert des Betrages an Aberration innerhalb von 0,96 %.

**[0138]** Der absolute Wert der astigmatischen Aberration in der Sagittalebene ist maximal bei 0,0693 mm, bei der Position von 100 % Bildhöhe (einer Bildhöhe von 2,24 mm), und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,0693 mm bei Bildhöhen von 2,24 mm und weniger.

**[0139]** Der absolute Wert der chromatischen/sphärischen Aberration ist maximal bei 0,1993 mm für die g-Linie bei einem Einfallswinkel  $h$  von 100 %, und der absolute Wert der Aberration liegt innerhalb von 0,1993 mm.

**[0140]** Es wurde beobachtet, dass die Objektive zur Bildaufnahme aller oben genannten Ausführungsformen, die Leistungsfähigkeit für ein Objektiv zum Einbauen in eine kompakte Kamera, welche eine CCD- oder CMOS-Vorrichtung als bildgebende Einrichtung verwendet, bereitstellen.

**[0141]** Daher können, wie aus der zuvor gegebenen Beschreibung eines Objektivs zur Bildaufnahme offensichtlich ist, durch Konstruieren jeder der Komponentenlinsen des Objektivs zur Bildaufnahme, so dass sie die Bedingungsgleichungen (1) bis (5) erfüllen, die in dem Stand der Technik vorhandenen Probleme gelöst werden. Das heißt, es wird ein Objektiv zur Bildaufnahme erhalten, in dem die verschiedenen Aberrationen zufriedenstellend korrigiert sind, ein ausreichender Brennpunktabstand von der Objektivrückseite erhalten wird und die optische Länge kurz gehalten wird.

**[0142]** In den oben beschriebenen Ausführungsformen wurde das Kunststoffmaterial ZEONEX E48E für die

ersten und zweiten Linsen verwendet, aber darüber hinaus kann zusätzlich zu anderen Kunststoffen als denen der Ausführungsformen, irgendein Material verwendet werden, dass die verschiedenen, in den Ausführungsformen erklärten Bedingungen erfüllt, sogar ein Nichtkunststoffmaterial, wie zum Beispiel Glas, oder ein anderes Material kann natürlich verwendet werden.

**[0143]** Wie oben erklärt, kann ein Objektiv zur Bildaufnahme realisiert werden, in dem verschiedene Aberrationen zufriedenstellend korrigiert sind, welches eine maximale optische Länge von ungefähr 6 mm (5,028 in dem Fall des Objektivs zur Bildaufnahme gemäß der fünften Ausführungsform, der längsten optischen Länge) aufweist, und welches für die Verwendung in kompakten CCD-Kameras passend ist, die für einen Einbau in ein Telefon oder eine andere Einrichtung geeignet sind.

**[0144]** Auf der anderen Seite beträgt die optische Länge eines Objektivs zur Bildaufnahme mit einer Zwei-Gruppen-Zwei-Linsen-Anordnung, so wie sie in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2001-174701 offenbart ist, welche einen Brennpunktastand passender Länge, einen breiten Feldwinkel und eine geringe Verzeichnungsaberration aufweist, 6,56 mm für die Ausführungsform mit der kleinsten optischen Länge (die erste Ausführungsform in dem oben genannten Patent). In dieser Ausführungsform beträgt der Abstand von der objektseitigen Oberfläche der auf der Objektseite angeordneten Linse zu der objektseitigen Oberfläche der auf der Bildseite angeordneten Linse 2,9 mm (wenn die Linsendicke, der Linsenabstand und ähnliche addiert werden, ist das Ergebnis  $1,30 \text{ mm} + 0,30 \text{ mm} + 0,20 \text{ mm} + 1,10 \text{ mm} = 2,9 \text{ mm}$ ) und der Brennpunktastand von der Objektivrückseite beträgt 3,66 mm. Daher ergibt die Summe dieser Werte die optische Länge von 6,56 mm.

**[0145]** Die optische Länge eines Objektivs zur Bildaufnahme mit einer Zwei-Gruppen-Zwei-Linsen-Anordnung, welche in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2000-321489 offenbart ist, welche einen ausreichend langen Brennpunktastand von der Objektivrückseite aufweist, dessen Brechkraft der objektseitigen Linse und der bildseitigen Linse passend gewählt werden können und dessen Herstellung einfach ist, beträgt 11,179 mm in der Ausführungsform aus allen Ausführungsformen mit der kleinsten optischen Länge (Ausführungsform 3 in dem zuvor genannten Patent, wenn die Linsendicke, der Linsenabstand und ähnliche addiert werden, ist das Ergebnis  $1,15 \text{ mm} + 3,15 \text{ mm} + 1,25 \text{ mm} + 5,629 \text{ mm} = 11,179 \text{ mm}$ ).

**[0146]** Die optische Länge eines Objektivs zur Bildaufnahme mit einer Zwei-Gruppen-Zwei-Linsen-Anordnung, welches in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2002-267928 offenbart ist, das kompakt und leichtgewichtig ist, das gute telezentrische Eigenschaften aufweist und eine einfache Korrektur der astigmatischen Aberration ermöglicht, und dessen Bearbeitung und Zusammenbau einfach sind, beträgt 5,92 mm in der Ausführungsform aus allen Ausführungsformen mit der kleinsten optischen Länge (Ausführungsform 5 in dem zuvor genannten Patent) (wenn die Linsendicke, der Linsenabstand und ähnliche addiert werden, ist das Ergebnis  $0,80 \text{ mm} + 0,30 \text{ mm} + 0,20 \text{ mm} + 0,10 \text{ mm} + 1,30 \text{ mm} + 3,22 \text{ mm} = 5,92 \text{ mm}$ ). Jedoch hat das Objektiv zur Bildaufnahme, das in dem zuvor genannten Patent offenbart ist, dessen optische Länge 5,92 mm beträgt, eine Verzeichnungsaberration von ungefähr 5 %, es hat eine sphärische Aberration für die g-Linie, deren absoluter Wert 0,2 mm übersteigt und es hat eine astigmatische Aberration, welche auch 0,2 mm übersteigt (siehe [Fig. 10](#) des zuvor genannten Patents). Diese Werte der Verzeichnungsaberration, der sphärischen Aberration und der astigmatischen Aberration sind deutlich größer als die Aberrationswerte der in den ersten bis siebten Ausführungsformen dieser Erfindung beschriebenen Objektivs zur Bildaufnahme.

**[0147]** Auf diese Weise haben Beispiele aus dem Stand der Technik entweder eine optische Länge, welche 6 mm übersteigt oder sie haben, sogar wenn die optische Länge 6 mm nicht erreicht, Aberrationen, die nicht geeignet unterdrückt werden können und sind daher nicht zur Montage in derzeitigen tragbaren Telefonapparaten und ähnlichem geeignet.

**[0148]** Auf der anderen Seite können mit Hilfe eines Objektivs zur Bildaufnahme gemäß Ausführungsformen dieser Erfindung zufriedenstellende Bilder erhalten werden und ein ausreichender Brennpunktastand von der Objektivrückseite kann gewährleistet werden trotz einer kurzen optischen Länge. Das heißt, mit Hilfe eines Objektivs zur Bildaufnahme gemäß Ausführungsformen dieser Erfindung wird ein Brennpunktastand von der Objektivrückseite mit ausreichender Länge sichergestellt, um ein Deckglas mit der Dicke von ungefähr 0,5 mm in jede der oben beschriebenen Ausführungsformen einzufügen. Insbesondere wird ein Brennpunktastand von der Objektivrückseite mit einer Länge von 2,671 mm in der ersten Ausführungsform, von 1,831 mm in der zweiten Ausführungsform, von 1,795 mm in der dritten Ausführungsform, von 1,675 mm in der vierten Ausführungsform, von 2,678 mm in der fünften Ausführungsform, von 1,835 mm in der sechsten Ausführungsform und von 1,844 mm in der siebten Ausführungsform sichergestellt, was ausreichend ist, um ein Deckglas mit einer Dicke von ungefähr 0,5 mm einzufügen.

**[0149]** Darüber hinaus können mit Hilfe eines Objektivs zur Bildaufnahme gemäß Ausführungsformen dieser Erfindung, Linsen, die aus einem Material gebildet sind mit einer Abbe-Zahl zwischen 30 und 60 verwendet werden und folglich können Cycloolefin-Kunststoffe oder Polycarbonat als Linsenmaterial verwendet werden. Daher muss kein teures asphärisch gegossenes Glas verwendet werden und eine Herstellung bei geringen Kosten ist möglich; darüber hinaus ist das Gewicht des Objektivs reduziert.

**[0150]** Aus der zuvor gegebenen Erklärung ist offensichtlich, dass ein Objektiv zur Bildaufnahme gemäß Ausführungsformen dieser Erfindung nicht nur als ein Kameraobjektiv in tragbaren Telefongeräten, Personalcomputern oder Digitalkameras verwendet werden kann, sondern auch als ein Kameraobjektiv, das in PDAs (Personal Digital Assistants) eingebaut ist, als ein Kameraobjektiv, das in Spielzeugen mit Bildfassungsfunktionen eingebaut ist und als ein Kameraobjektiv, das in Vorrichtungen zum Überwachen, Prüfen und zur Verbrechensprävention verwendet wird.

**[0151]** Ausführungsformen dieser Erfindung betreffen ein Objektiv zur Bildaufnahme, welches für eine Anwendung in Bildeingabevorrichtungen für tragbare Telefone und Personalcomputer, Digitalkameras, CCD-Kameras, Überwachungs- und Prüfeinrichtungen und andere Einrichtungen, welche einen CCD- oder CMOS als eine bildgebende Einrichtung verwenden, geeignet ist.

### Patentansprüche

1. Objektiv zur Bildaufnahme, das eine erste Linse (L1) aufweist, eine Aperturblende (S1) und eine zweite Linse (L2), die mit der ersten Linse (L1) gruppiert ist, wobei die Aperturblende (S1) und die zweite Linse (L2) in einer Reihenfolge von einer Objektseite hin zu einer Bildseite angeordnet sind, und wobei die erste Linse (L1) eine Kunstharzlinse ist, die eine Meniskusform aufweist, wobei die konvexe Oberfläche zu der Objektseite hin zeigt und die eine positive Brechkraft aufweist, die zweite Linse (L2) eine Kunstharzlinse ist, die eine Meniskusform aufweist, wobei die konvexe Oberfläche zu der Bildseite hin zeigt und die eine positive Brechkraft aufweist, beide Oberflächen der ersten Linse (L1) asphärisch sind und beide Oberflächen der zweiten Linse (L2) asphärisch sind und der Abstand in Luft von der objektseitigen Einfallfläche der ersten Linse zu einer gewünschten Bildebene maximal 6 mm beträgt,

**dadurch gekennzeichnet**, daß die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$0,2 < |r5/f| < 3,1 \quad (1)$$

$$3,0 < (r5 + r6)/(r5 - r6) < 19,0 \quad (2)$$

$$1,0 < d/f < 1,5 \quad (3)$$

$$0,5 < r1/r2 < 2,0 \quad (4)$$

$$0,08 < D2/f < 0,1 \quad (5),$$

wobei f die Brennweite des gesamten Linsensystems ist, r5 der Krümmungsradius nahe der optischen Achse (axialer Krümmungsradius) der objektseitigen Oberfläche der zweiten Linse (L2) ist, r6 der Krümmungsradius nahe der optischen Achse (axialer Krümmungsradius) der bildseitigen Oberfläche der zweiten Linse (L2) ist, d der Abstand (in Luft) von der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse (L1) zu der gewünschten Bildebene ist, r1 der Krümmungsradius nahe der optischen Achse (axialer Krümmungsradius) der objektseitigen Oberfläche der ersten Linse (L1) ist, r2 der Krümmungsradius nahe der optischen Achse (axialer Krümmungsradius) der bildseitigen Oberfläche der ersten Linse (L1) ist und D2 der Abstand zwischen der ersten Linse (L1) und der zweiten Linse (L2) ist.

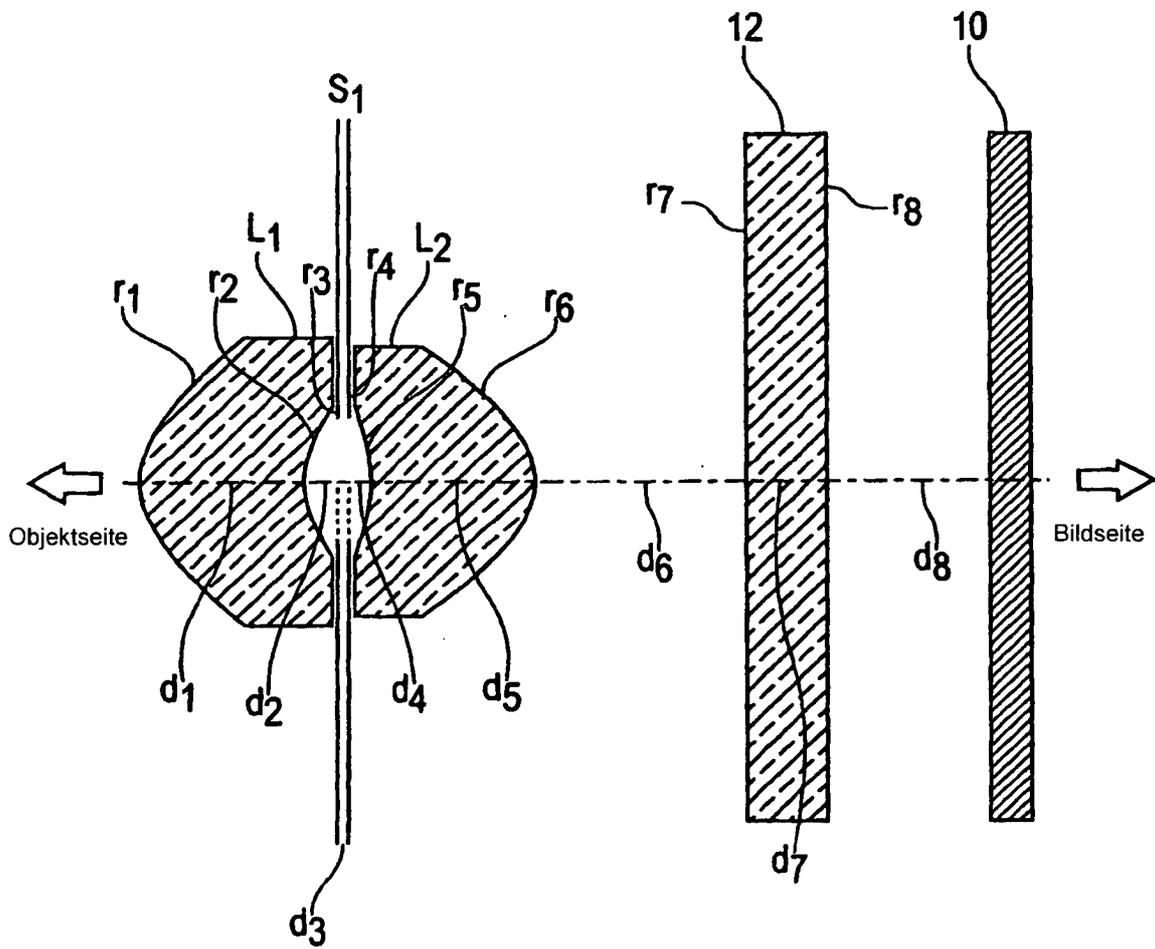
2. Objektiv zur Bildaufnahme nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Linse (L1) und die zweite Linse (L2), die das Objektiv zur Bildaufnahme bilden, aus Material gebildet sind, welches eine Abbe-Zahl zwischen 30 und 60 aufweist.

3. Objektiv zur Bildaufnahme nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aberration so korrigiert ist, daß die Stärke der Verzeichnungsaberration für eine Bildhöhe von 2,25 mm oder weniger innerhalb von 3,0 % liegt.

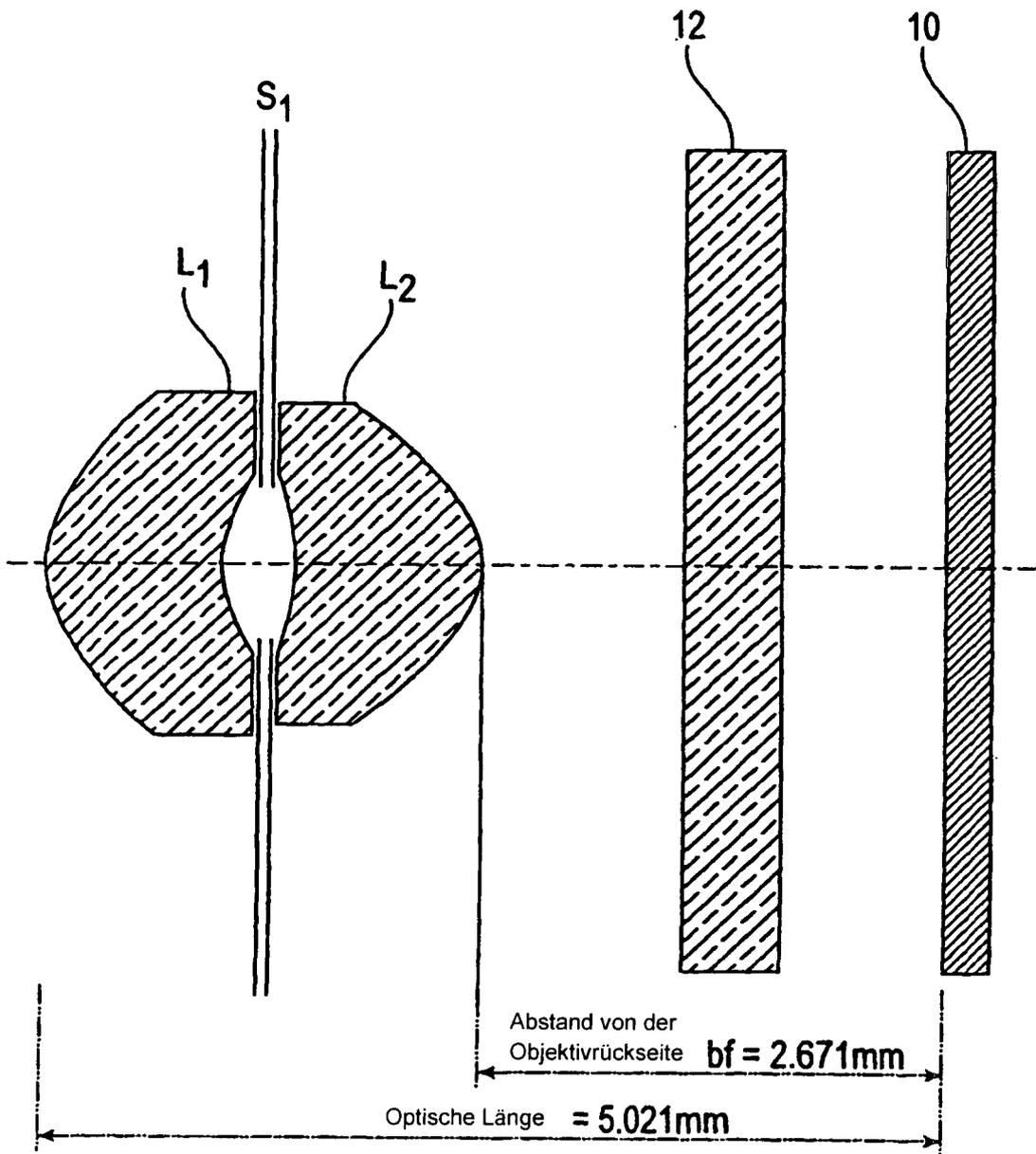
4. Linsensystem mit:  
einem Objektiv zur Bildaufnahme gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche und  
einer Bildaufnahmeoberfläche, die in der gewünschten Bildebene angeordnet ist.

Es folgen 22 Blatt Zeichnungen

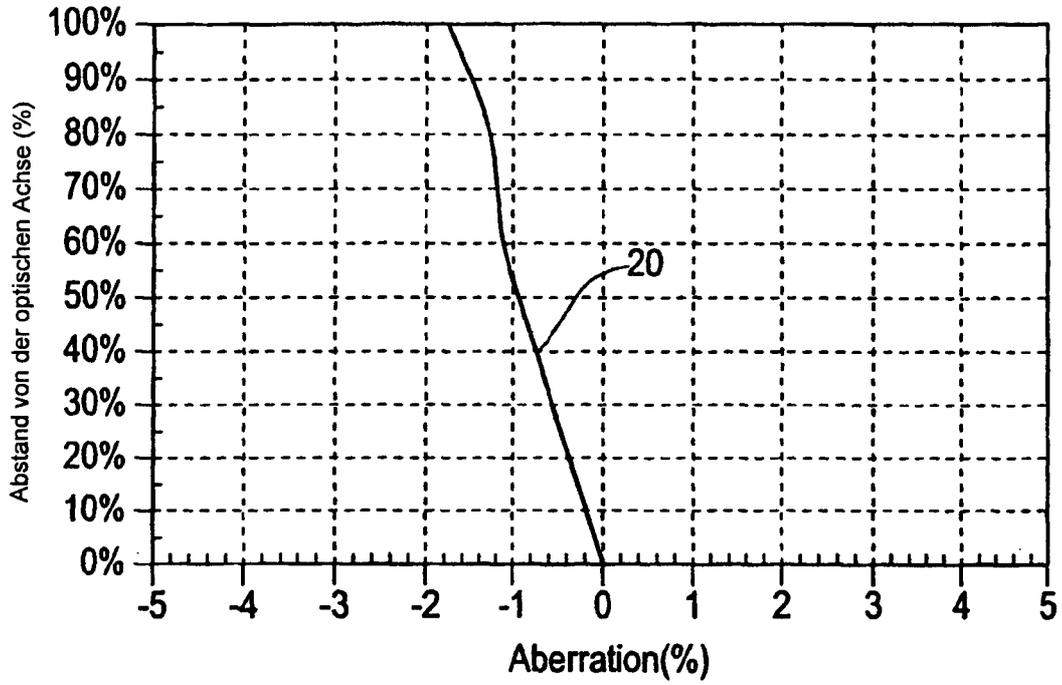
*FIG. 1*



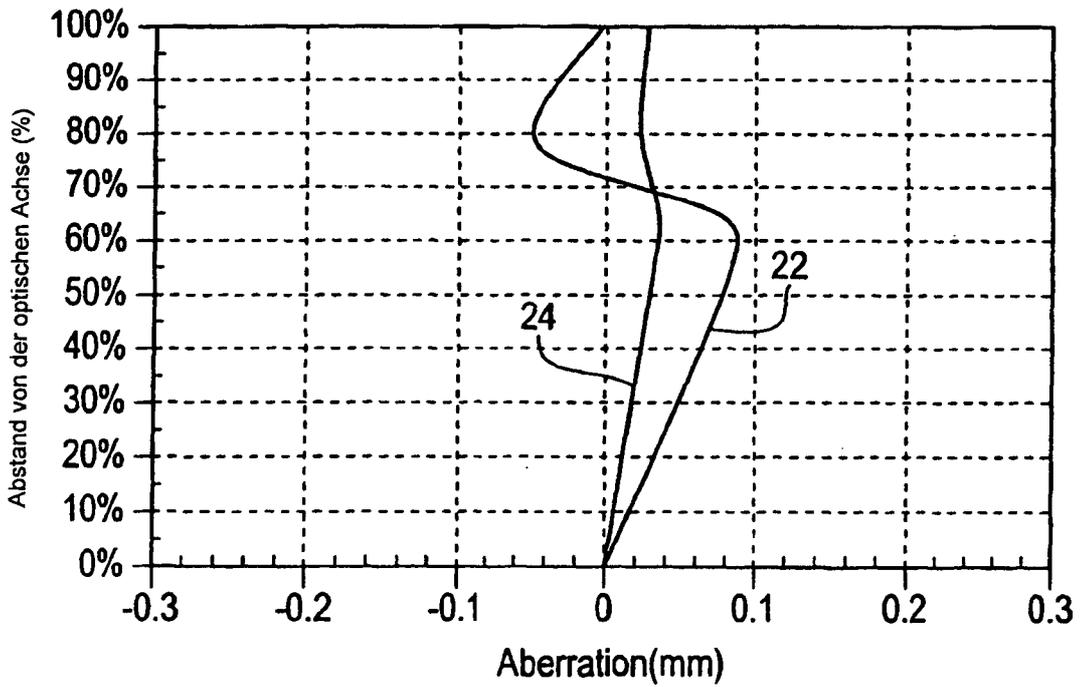
*FIG.2*



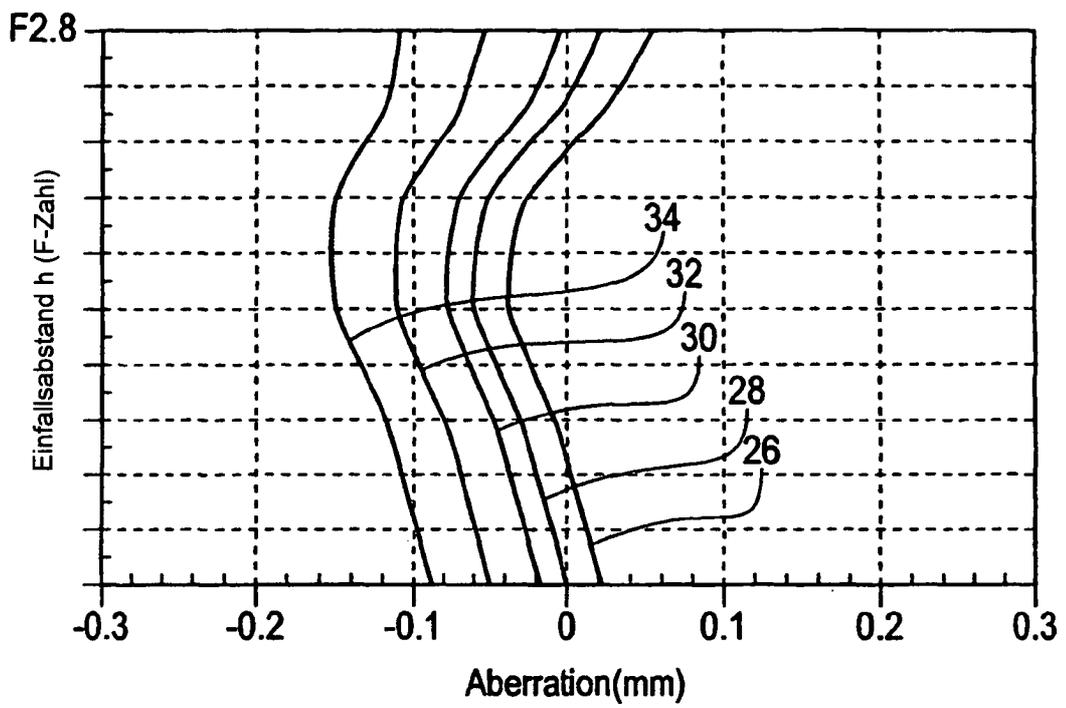
*FIG. 3*



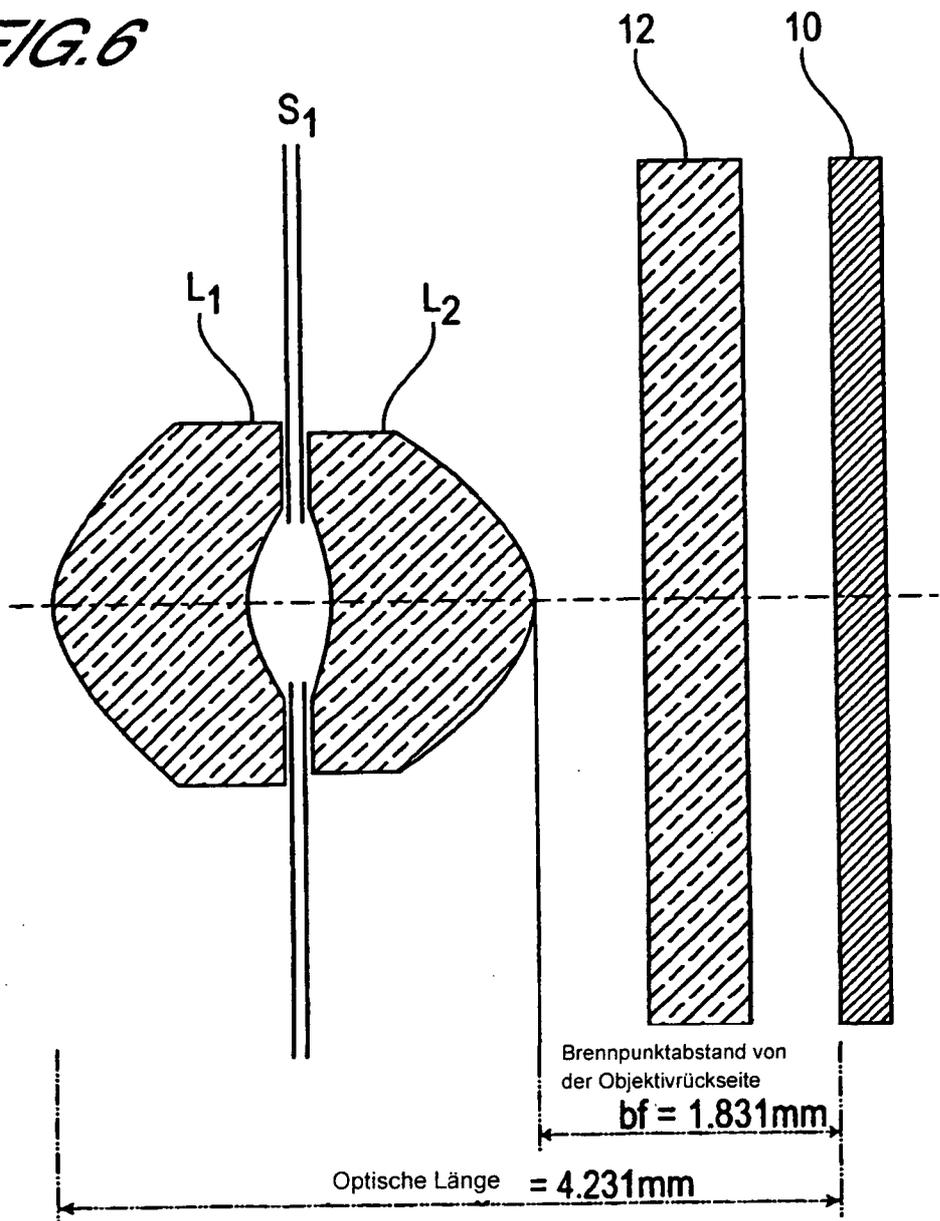
*FIG. 4*



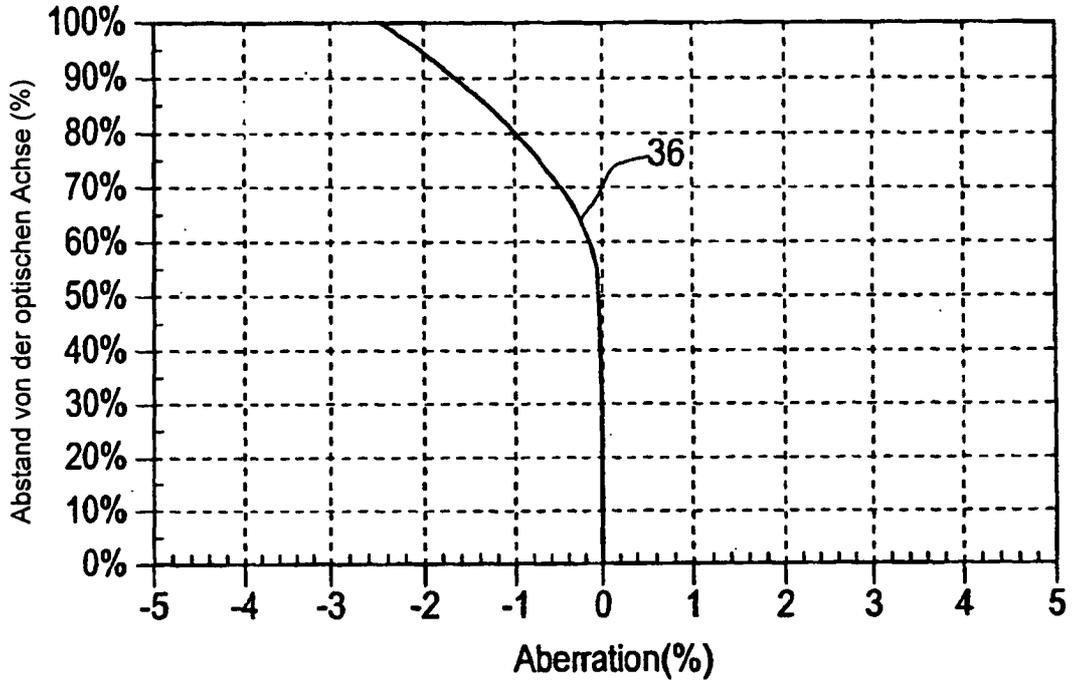
*FIG.5*



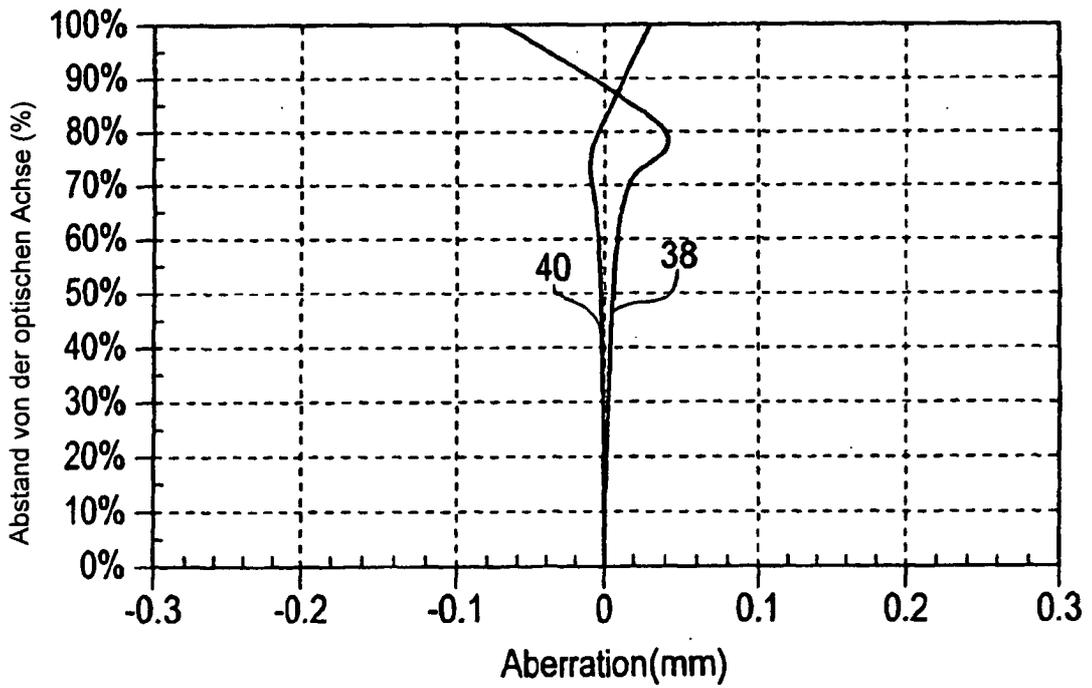
*FIG. 6*



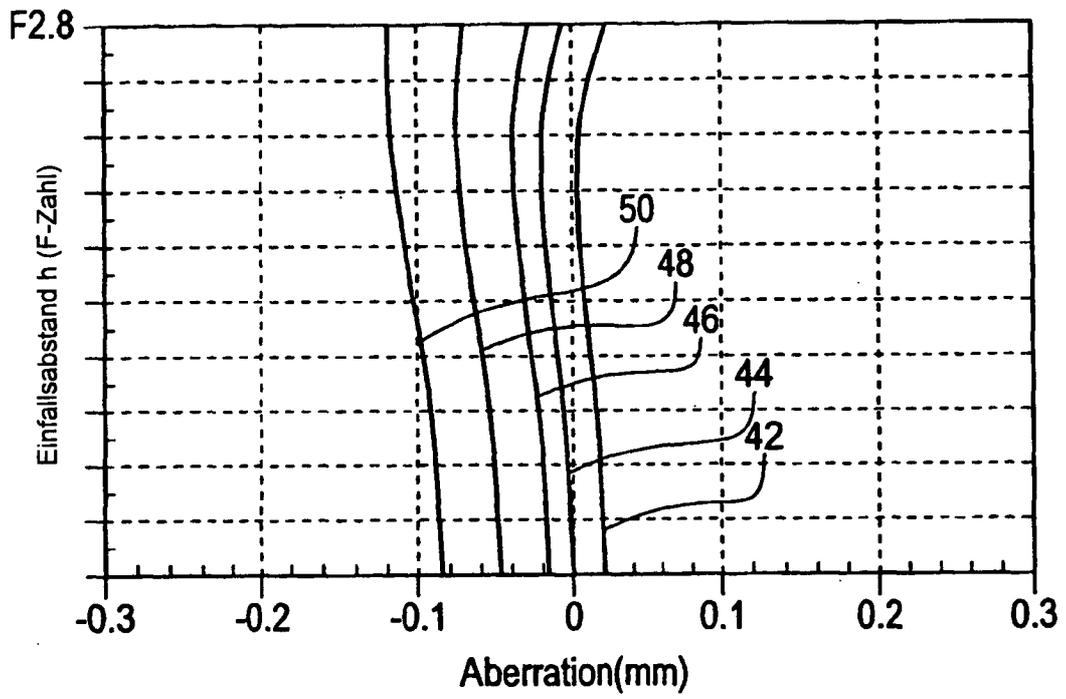
*FIG. 7*



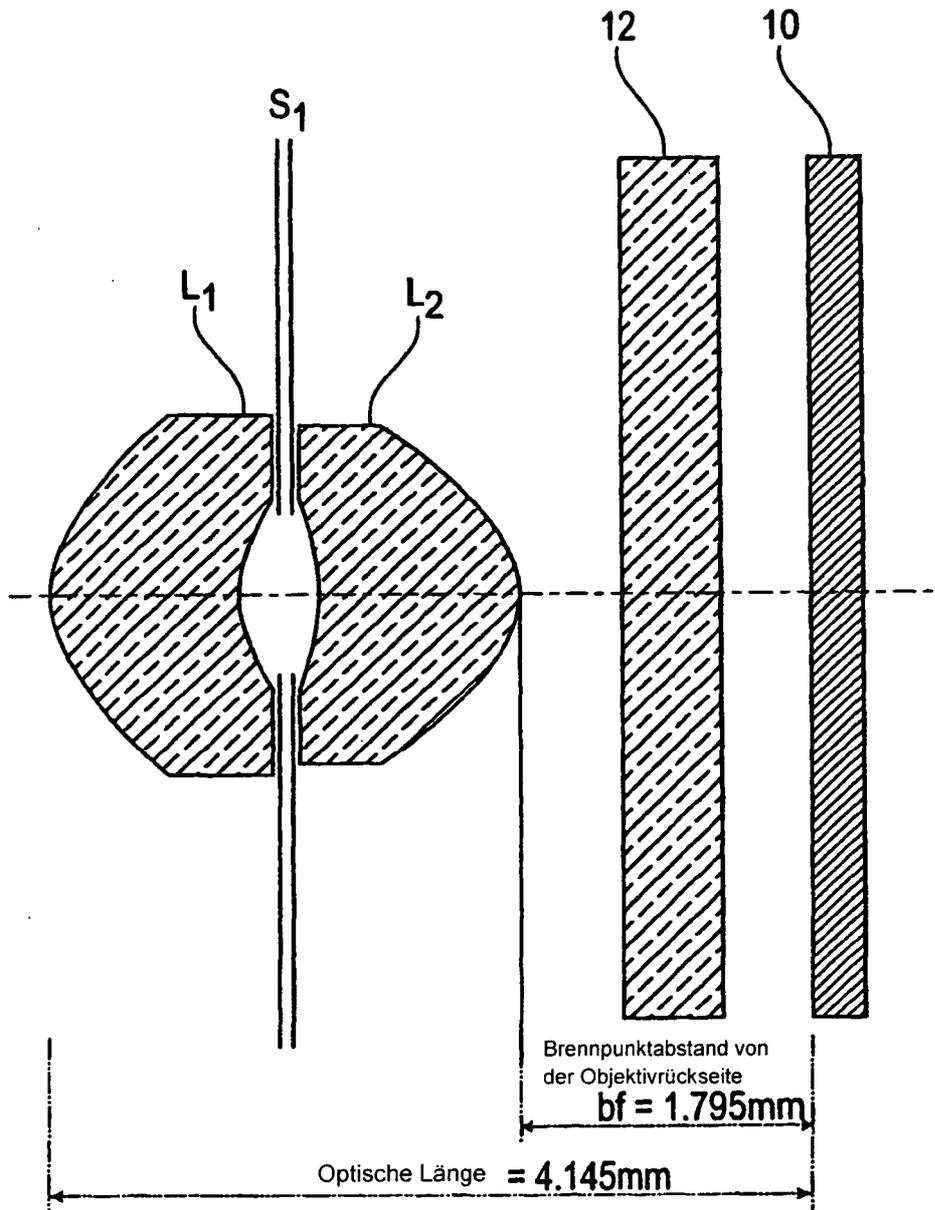
*FIG. 8*



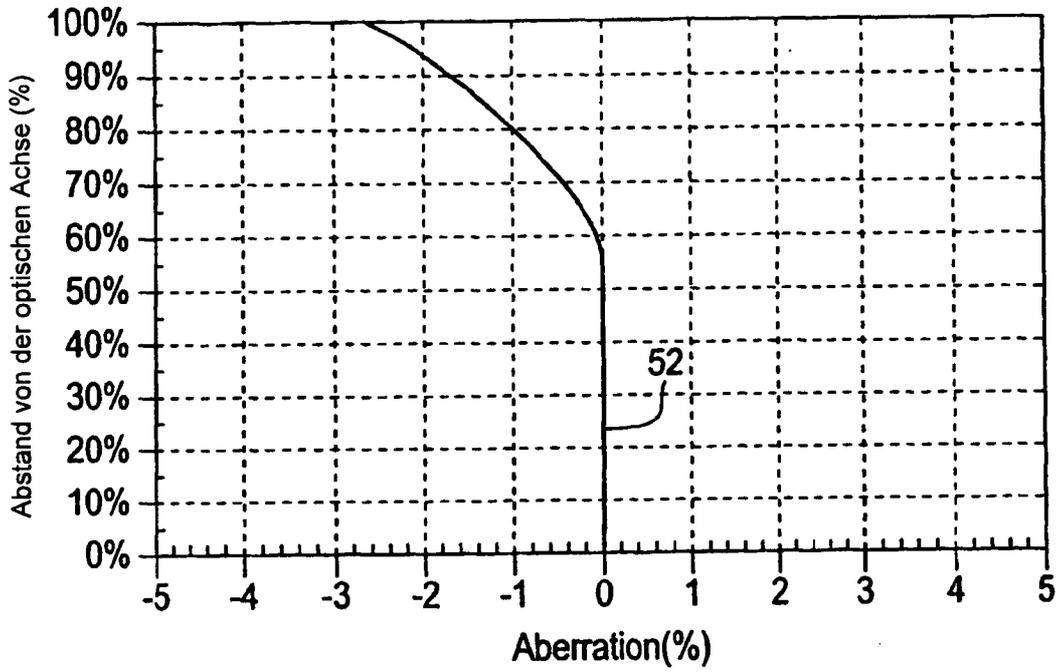
*FIG.9*



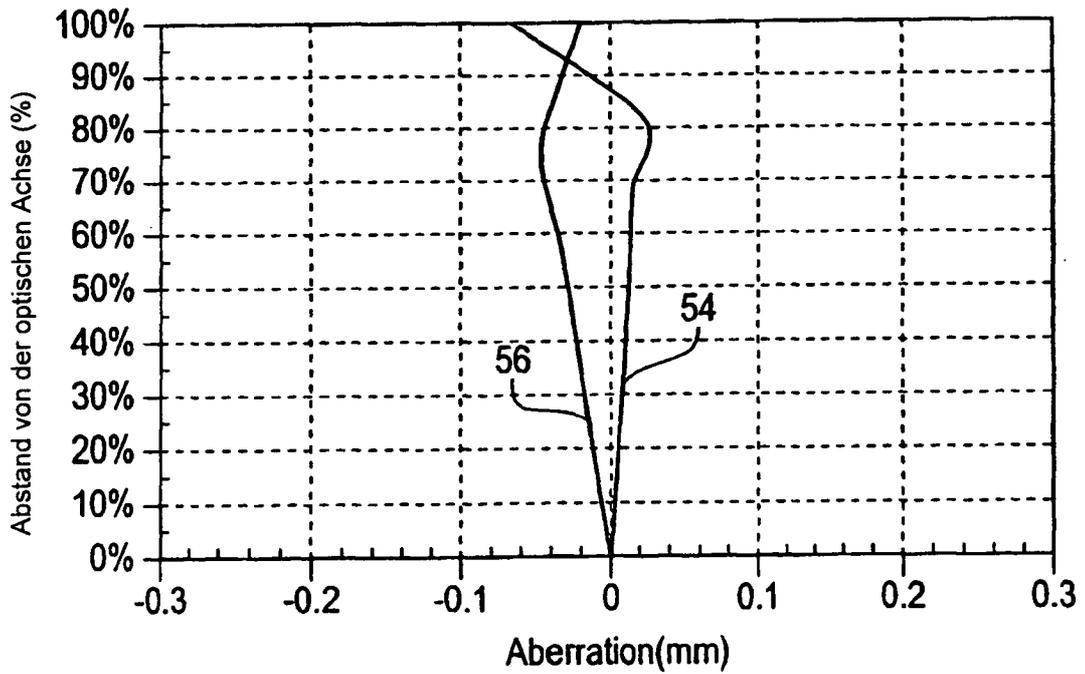
*FIG. 10*



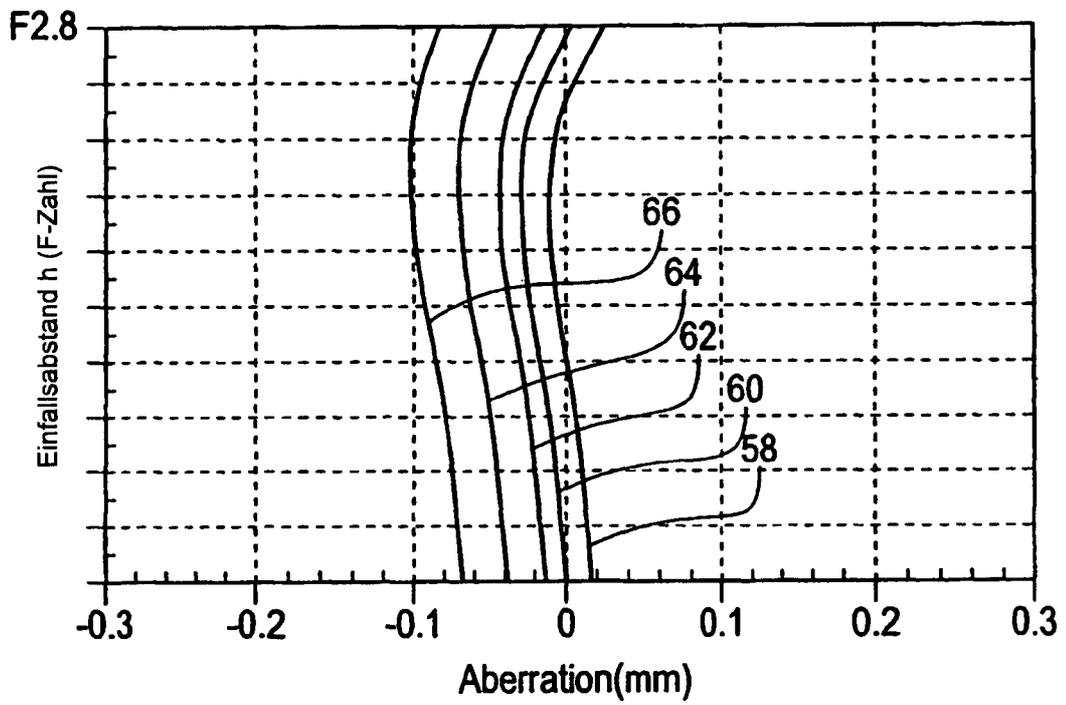
*FIG. 11*



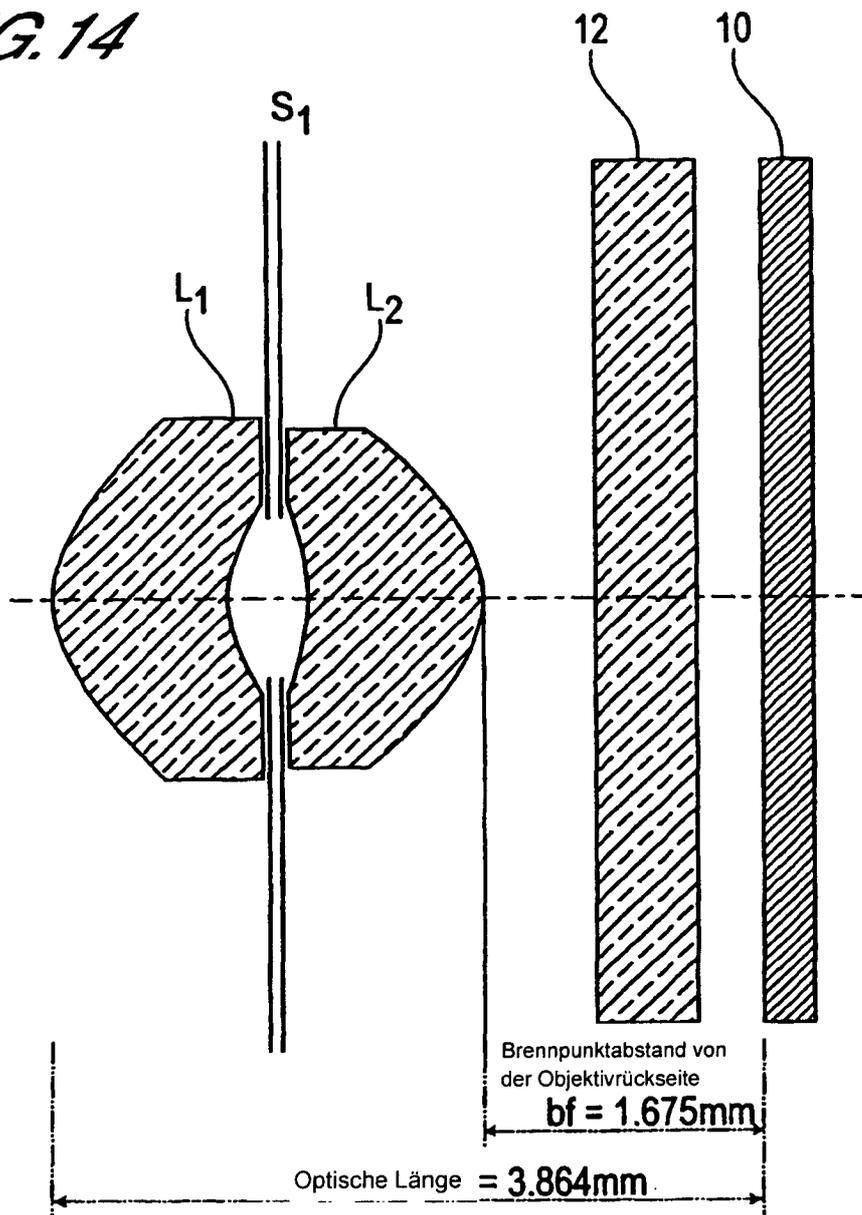
*FIG. 12*



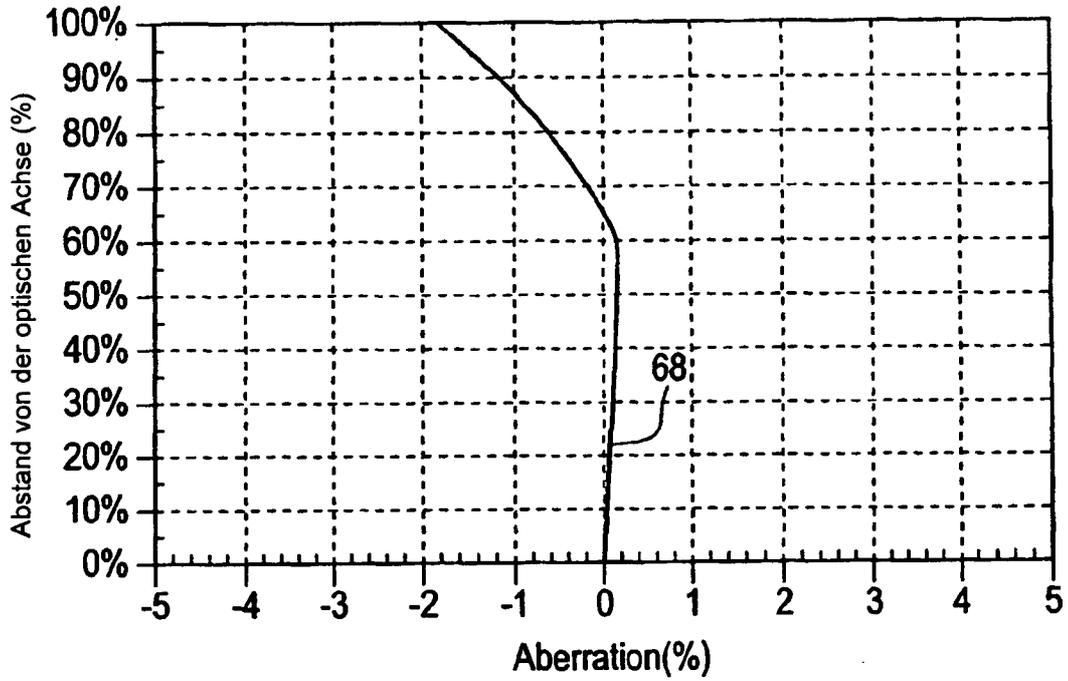
*FIG. 13*



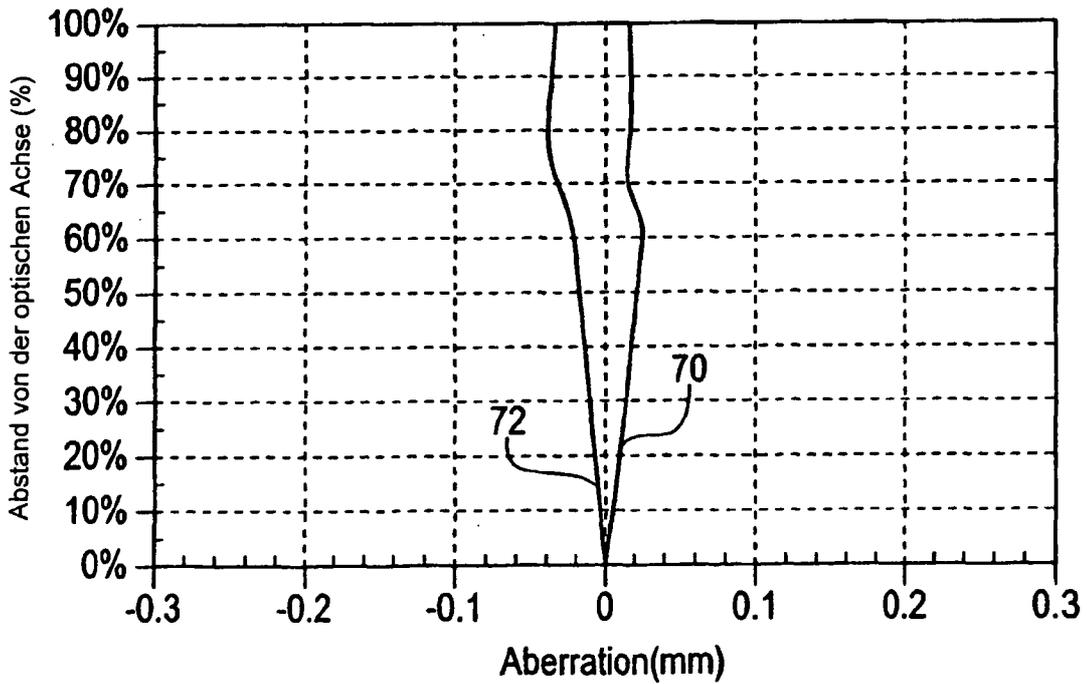
*FIG. 14*



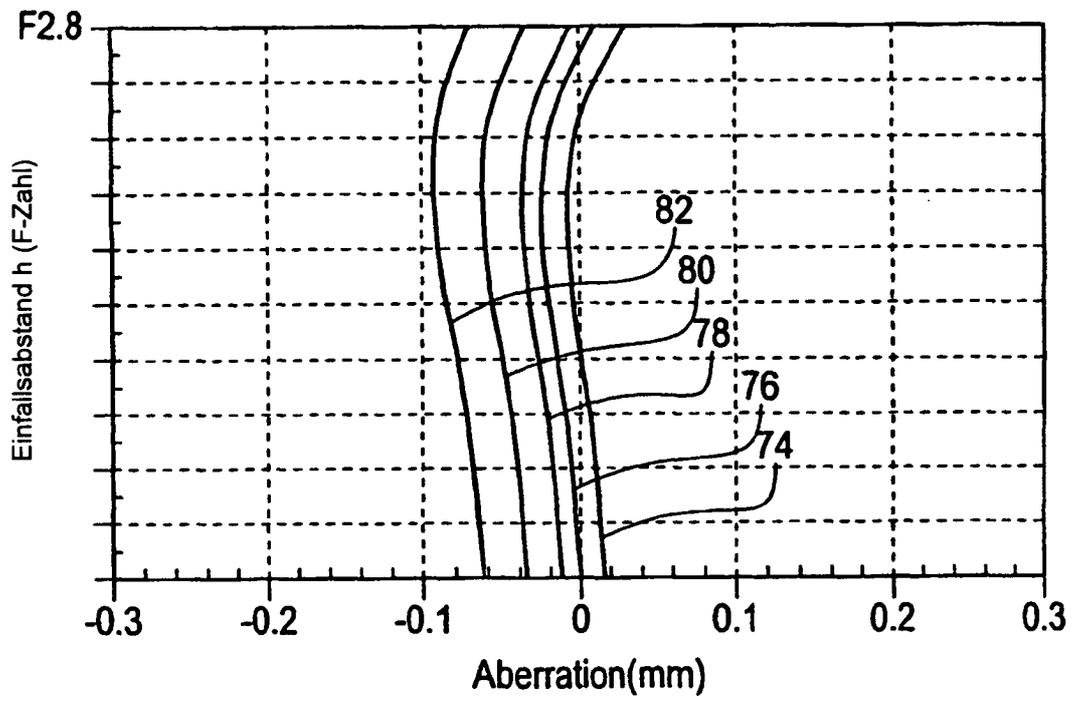
**FIG. 15**



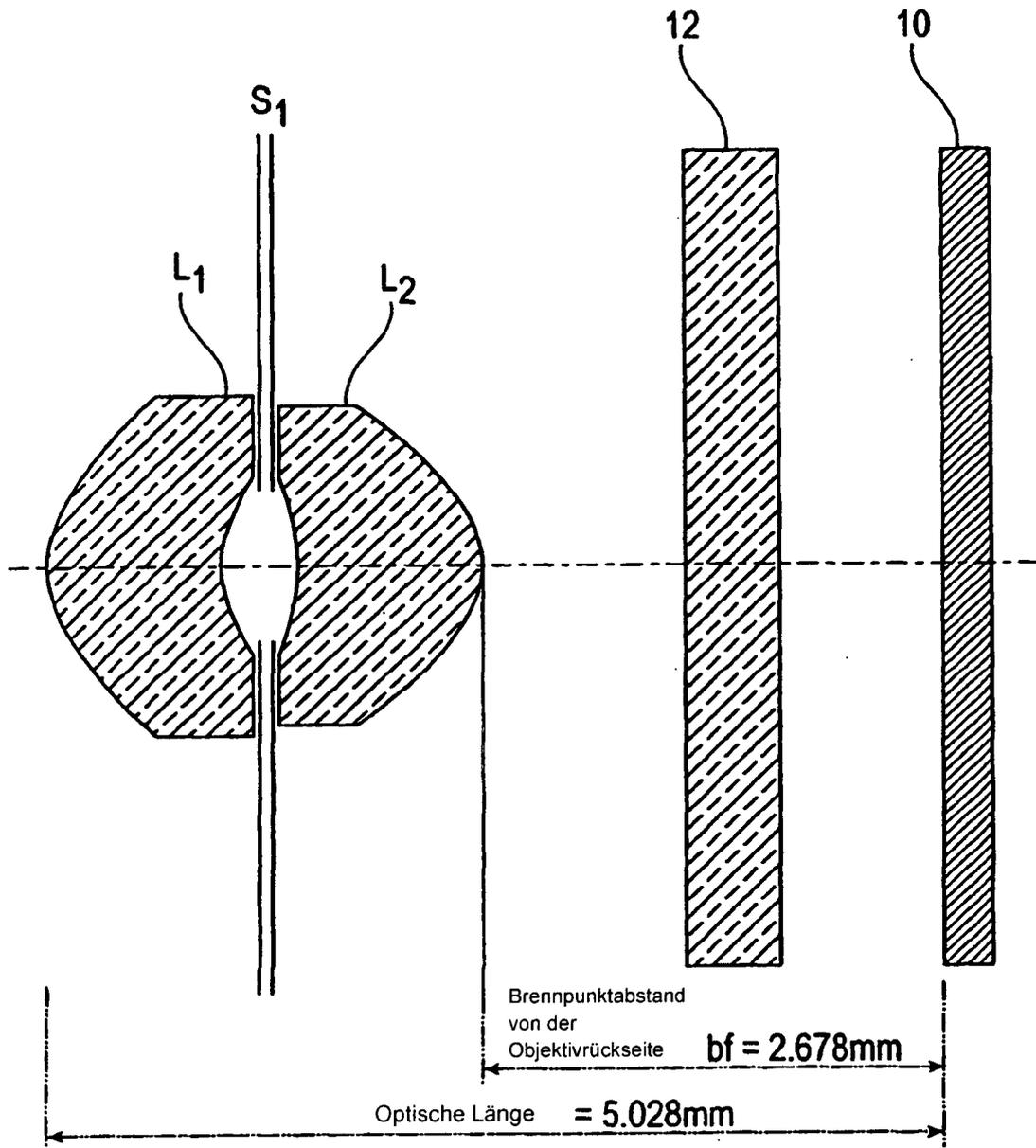
**FIG. 16**



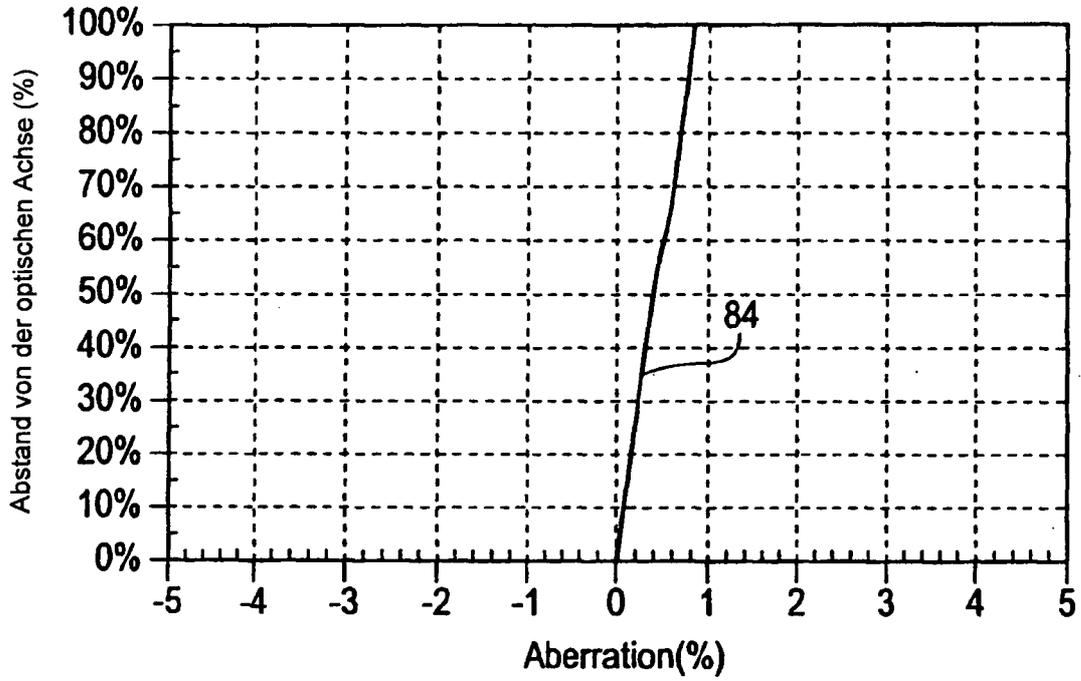
*FIG. 17*



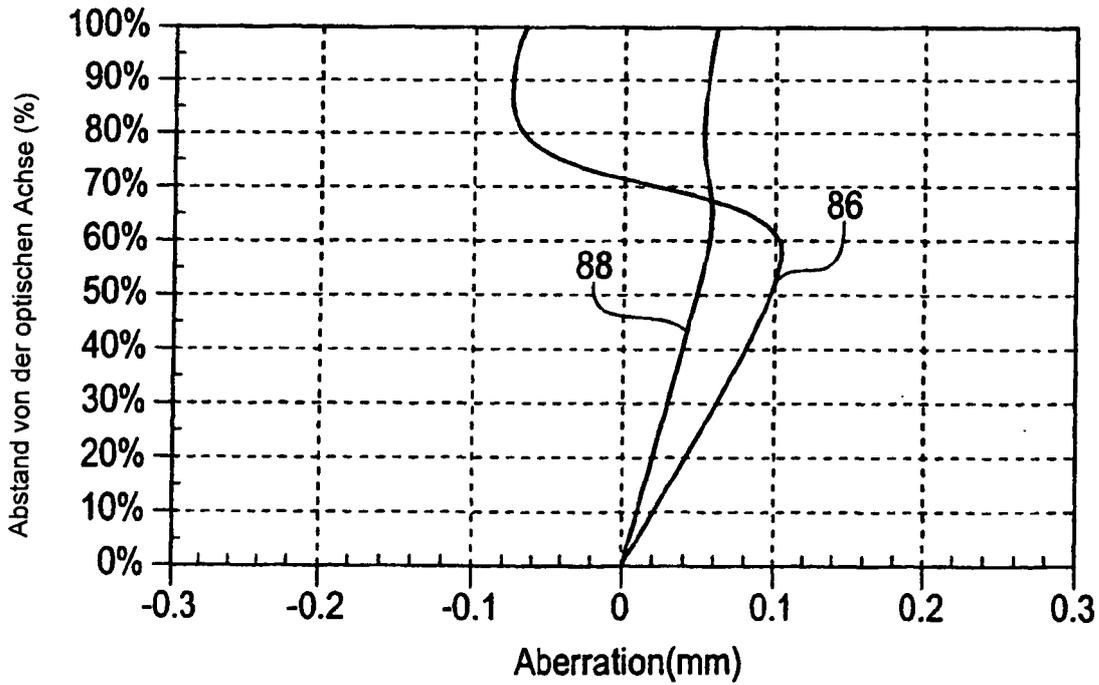
*FIG. 18*



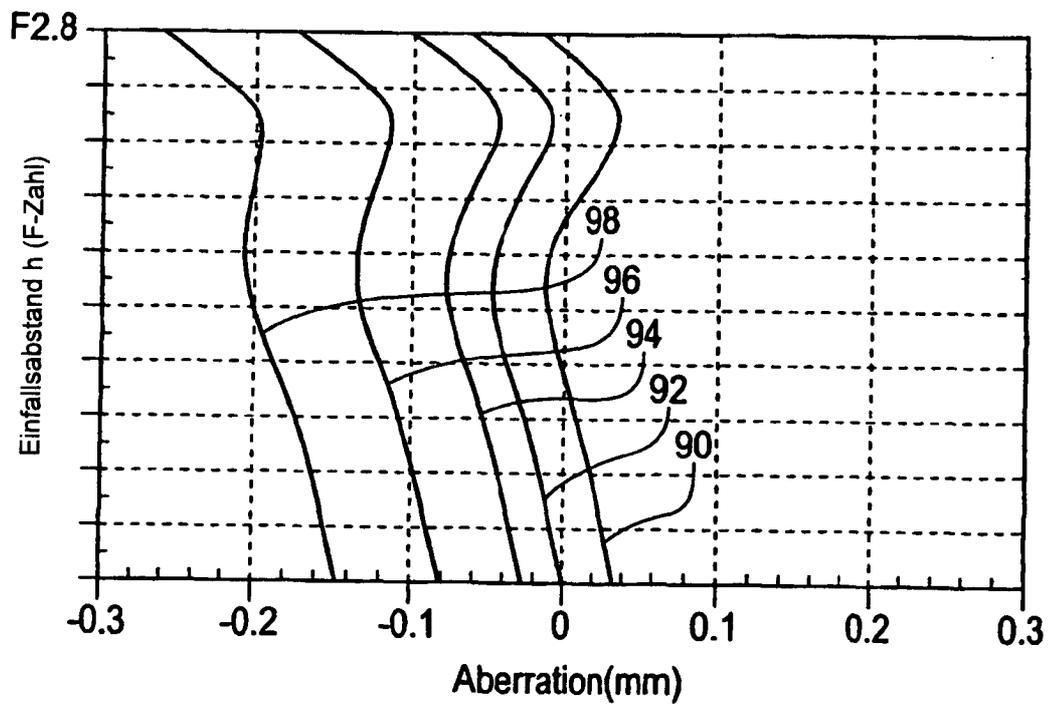
*FIG. 19*



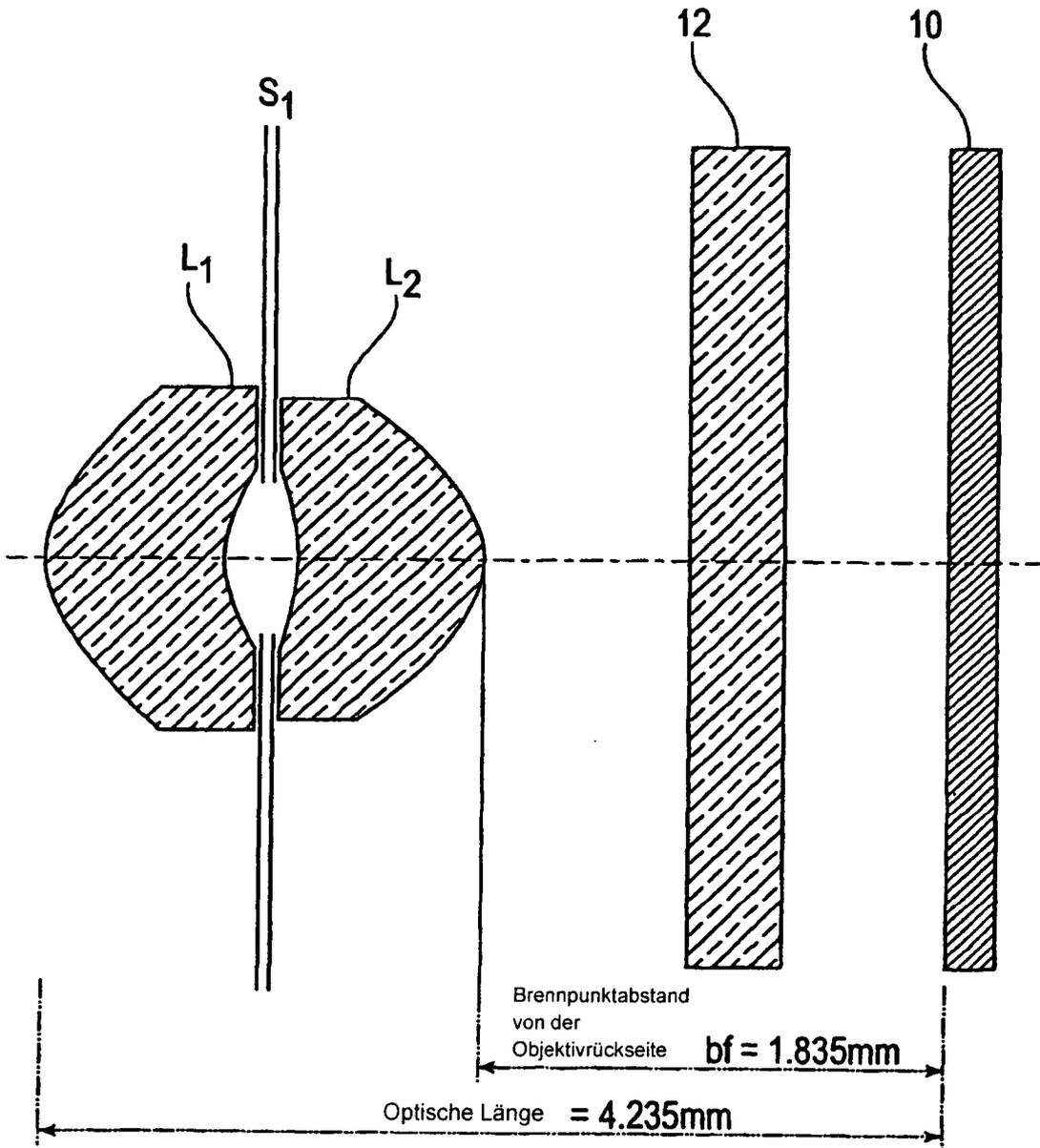
*FIG. 20*



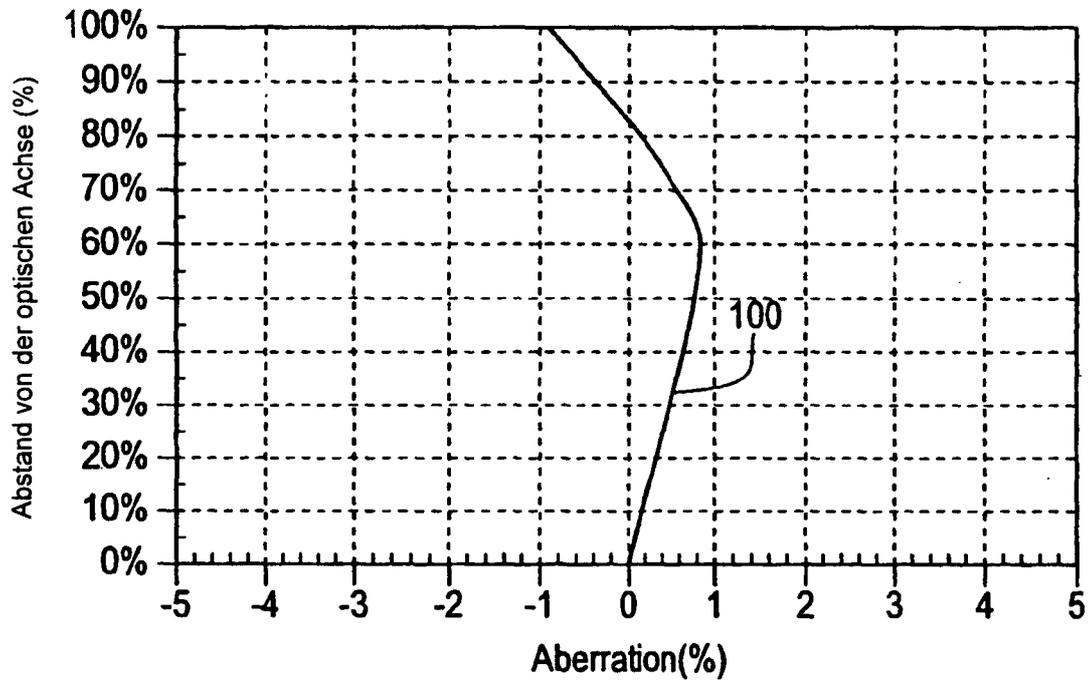
*FIG.21*



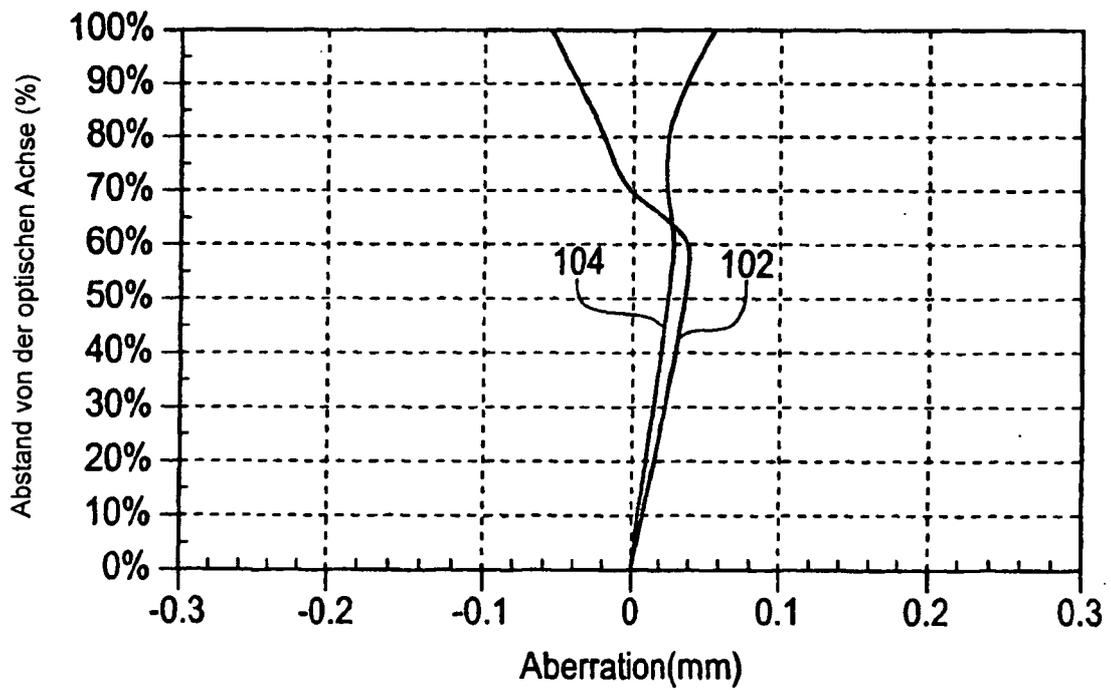
*FIG.22*



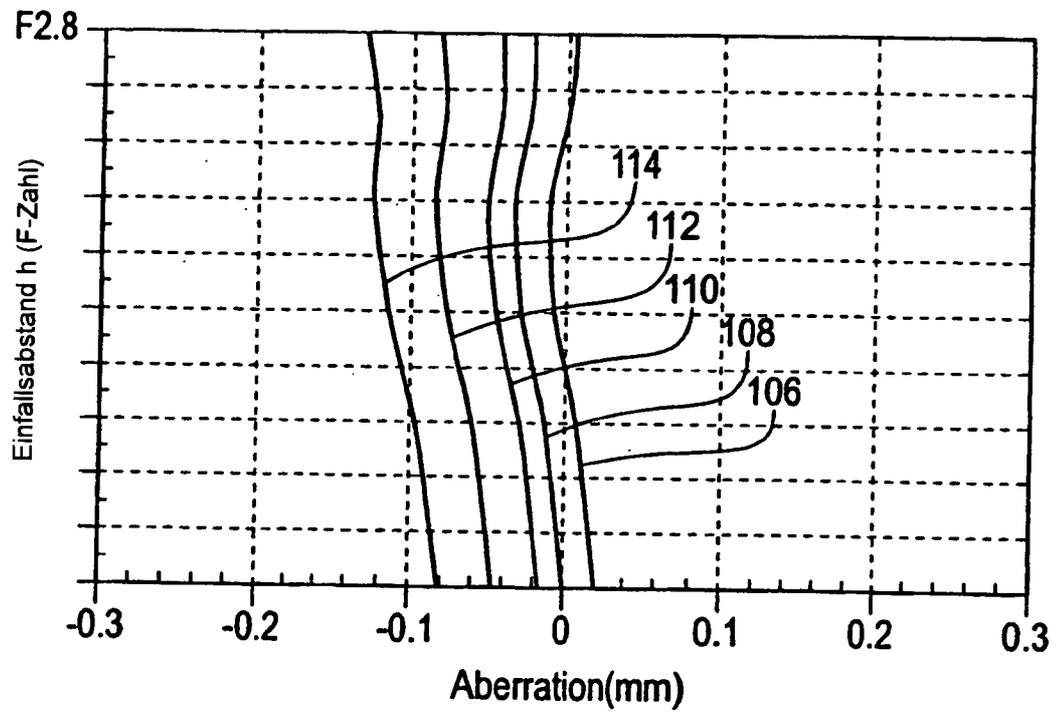
*FIG.23*



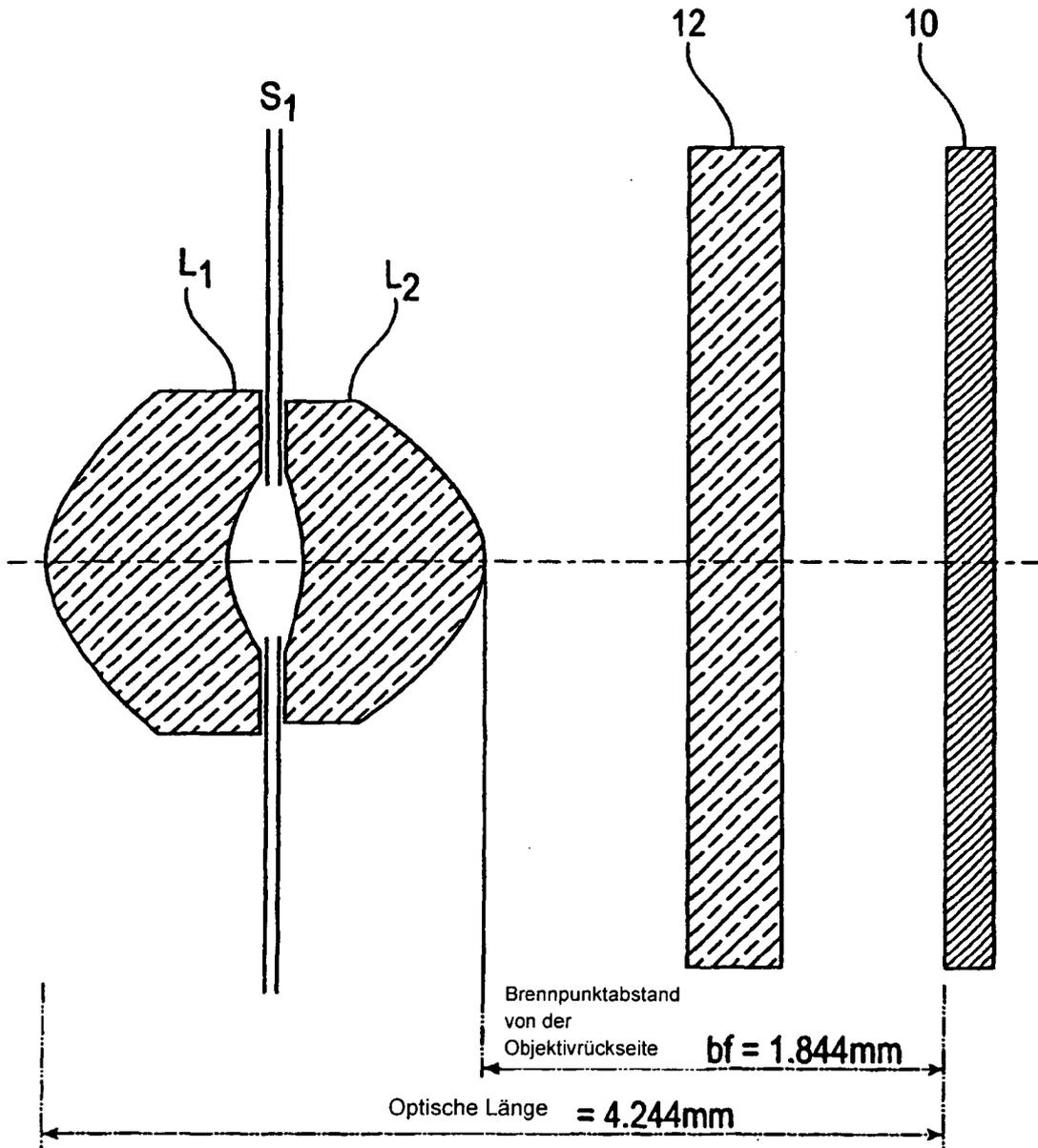
*FIG.24*



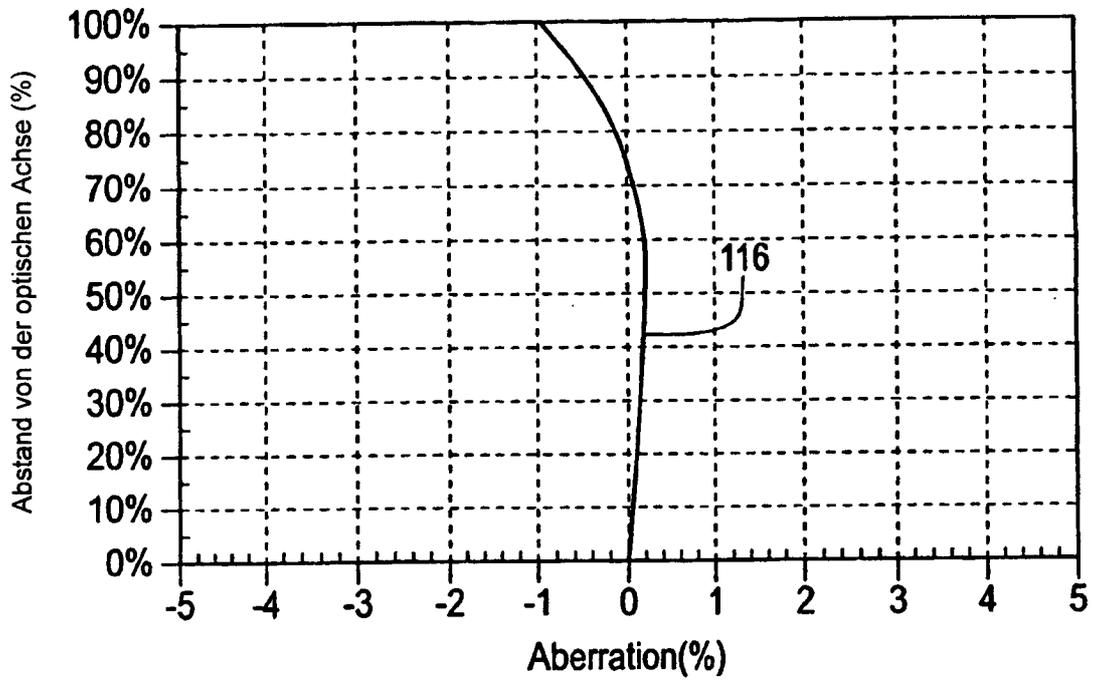
*FIG.25*



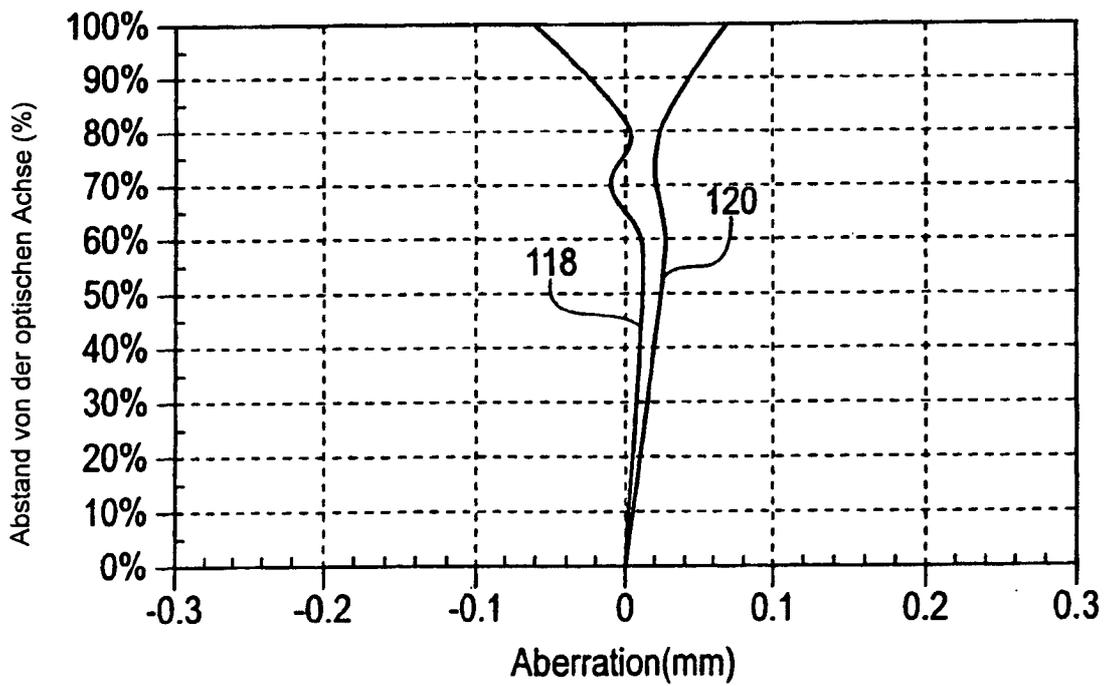
*FIG.26*



*FIG.27*



*FIG.28*



*FIG.29*

