



(10) **DE 10 2015 010 705 B4** 2017.09.21

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 010 705.4**
(22) Anmeldetag: **14.08.2015**
(43) Offenlegungstag: **25.02.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.09.2017**

(51) Int Cl.: **G02B 15/20 (2006.01)**
G02B 15/167 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2014-168478 21.08.2014 JP

(73) Patentinhaber:
CANON KABUSHIKI KAISHA, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
WESER & Kollegen, 81245 München, DE

(72) Erfinder:
Takemoto, Shoichi, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 6 278 559 B1

(54) Bezeichnung: **ZOOMOBJEKTIV UND BILDAUFNAHMEVORRICHTUNG MIT DEMSELBEN**

(57) Hauptanspruch: Zoomobjektiv umfassend:
eine erste Objektiveinheit mit positiver Brechkraft, die sich zum Zoomen nicht bewegt;
eine zweite Objektiveinheit mit negativer Brechkraft, die sich beim Zoomen bewegt;
mindestens eine weitere Objektiveinheit, die sich beim Zoomen als mindestens eine dritte Objektiveinheit bewegt;
eine am Nächsten zu einer Bildseite befindliche hinterste Objektiveinheit, die sich zum Zoomen nicht bewegt,
wobei die erste Objektiveinheit, die zweite Objektiveinheit, die mindestens eine weitere Objektiveinheit, und die hinterste Objektiveinheit in der angegebenen Reihenfolge von einer Objektseite zur Bildseite hin angeordnet sind; sowie
eine Aperturblende, die auf der Bildseite der zweiten Objektiveinheit angeordnet ist,
wobei die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$-2,00 \times 10^{-3} < (\theta_{gf2p} - \theta_{gf2n}) / (vd_{2p} - vd_{2n}) < -0,80 \times 10^{-3};$$

$$0,0180 < \Delta\theta_{grn1} < 0,070;$$

und

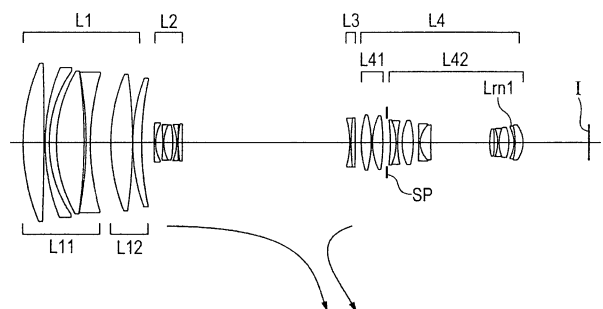
$$0,10 < Drn1/TD < 0,40,$$

wobei vd_{2p} und vd_{2n} jeweils für Durchschnittswerte von Abbe-Zahlen von die zweite Objektiveinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen stehen, θ_{gf2p} und θ_{gf2n} jeweils für Durchschnittswerte von relativen Teildispersionen der die zweite Objektiveinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen stehen, $\Delta\theta_{grn1}$ für anomale Dispersion einer Linse mit einer kleinsten Abbe-Zahl aus die hinterste

Objektiveinheit bildenden Negativlinsen steht, TD für einen Abstand auf einer optischen Achse von einer Oberflächenscheitelposition einer am Nächsten zur Objektseite des Zoomobjektivs gelegenen Linsenfläche zu einer Oberflächenscheitelposition einer am Nächsten zur Bildseite des Zoomobjektivs gelegenen Linsenfläche steht, und $Drn1$ für einen Abstand zwischen der Aperturblende und der Linse mit der kleinsten Abbe-Zahl an einem Weitwinkelende des Zoomobjektivs steht,
unter der Voraussetzung, dass:
eine Abbe-Zahl vd ausgedrückt wird als:

$$vd = (Nd - 1)/(NF - NC),$$

wobei NF für einen Brechungsindex bezüglich einer F-Linie steht, Nd für einen Brechungsindex bezüglich einer d-Linie steht, und NC für einen Brechungsindex bezüglich einer C-Linie steht, ...



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Zoomobjektiv und eine das Zoomobjektiv beinhaltende Bildaufnahmeverrichtung, die zur Verwendung in einer Fernsehkamera, einer Kinokamera, einer Videokamera, und einer digitalen Standbildkamera besonders geeignet sind.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In den letzten Jahren wird als Bildaufnahmeverrichtung, z. B. als Fernsehkamera, Kinokamera, Videokamera, oder Filmkamera, eine Großformatkamera, die Merkmale einer geringen Schärfentiefe und einer schönen Bokeh(Unschärfe)-Qualität besitzt, zum Erweitern visuellen Darstellens verwendet. Als an der Großformatkamera zu befestigendes Zoomobjektiv ist ein kleines und leichtgewichtiges Zoomobjektiv mit einem hohen Zoomverhältnis zum Sicherstellen von Mobilität und zum Verbessern von Flexibilität in der Fotografie sehr gefragt. Außerdem wird ein Bildaufnahmeelement mit einer großen Anzahl Pixel als Bildaufnahmeelement der Kamera verwendet, und somit ist es erforderlich, dass das Zoomobjektiv eine vergrößerte Auflösung unterbringende hohe Leistung besitzt. Als Zoomobjektiv mit dem hohen Zoomverhältnis ist, wie in der japanischen Patentanmeldung JP 2007139858 A und der japanischen Patentanmeldung JP 2004085846 A vorgeschlagen, ein Zoomobjektiv der positiv angeführten Art (engl. positive lead type) bekannt, in dem eine Objektiveinheit mit positiver Brechkraft am Nächsten zu einer Objektseite angeordnet ist, und das als Ganzes mindestens vier Objektiveinheiten beinhaltet. Und US 6,278,559 B1 offenbart ein Zoomobjektiv mit fünf Objektiveinheiten, von denen die Objektnächste positive Brechkraft hat.

[0003] In der japanischen Patentanmeldung JP 2007139858 A ist ein vier Objektiveinheiten beinhaltendes Zoomobjektiv mit einem Feldwinkel an einem Telefotoende von etwa 0,7 Grad und einem Zoomverhältnis von etwa 15× vorgeschlagen worden.

[0004] In der japanischen Patentanmeldung JP 2004085846 A ist ein vier Objektiveinheiten beinhaltendes Zoomobjektiv mit einem Feldwinkel an einem Telefotoende von etwa 1,6 Grad und einem Zoomverhältnis von etwa 3× vorgeschlagen worden.

[0005] Ein Problem, das beim Verwirklichen des hohen Zoomverhältnisses des Zoomobjektivs auftritt, sind vergrößerte Variationen in verschiedenen Aberrationen, die das Zoomen begleiten. Insbesondere, wenn sich eine Variation in der lateralen chromatischen Aberration aufgrund Zoomens vergrößert, wird es schwierig, die laterale chromatische Aberration über einen gesamten Zoombereich zufriedenstellend zu korrigieren, und ein hochauflösendes Bild zu erhalten.

[0006] Ein Problem für das Zoomobjektiv in jeder der japanischen Patentanmeldung JP 2007139858 A und der japanischen Patentanmeldung JP 2004085846 A beim Verwirklichen des hohen Zoomverhältnisses und dabei Unterbringen eines Großformatsensors ist, dass, weil die Variation in der lateralen chromatischen Aberration aufgrund Zoomens zusammen mit der Zunahme an Zoomverhältnis vergrößert wird, es schwierig ist, die laterale chromatische Aberration über den gesamten Zoombereich zufriedenstellend zu korrigieren.

[0007] Um die laterale chromatische Aberration über den gesamten Zoombereich zufriedenstellend zu korrigieren und dabei das hohe Zoomverhältnis zu verwirklichen, ist es wichtig, dass eine Linsenkonfiguration einer zweiten Objektiveinheit entwickelt wird, um die Variation in der lateralen chromatischen Aberration aufgrund Zoomens zu unterdrücken, und dass eine Konfiguration von einer am Nächsten zur Bildseite gelegenen Objektiveinheit entwickelt wird, um die laterale chromatische Aberration an einem Weitwinkelende anzupassen.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0008] Die vorliegende Erfindung stellt ein Zoomobjektiv bereit, das zu einem Großformatsensor kompatibel ist und in dem laterale chromatische Aberration über einen gesamten Zoombereich zufriedenstellend korrigiert ist, während es ein hohes Zoomverhältnis besitzt, und zwar durch angemessenes Einstellen von Linsenkonfigurationen einer zweiten Objektiveinheit und einer am Nächsten zu einer Bildseite gelegenen Objektiveinheit, sowie eine das Zoomobjektiv beinhaltende Bildaufnahmeverrichtung.

[0009] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Zoomobjektiv bereitgestellt, das beinhaltet:

eine erste Objektivereinheit mit positiver Brechkraft, die sich zum Zoomen nicht bewegt;

eine zweite Objektivereinheit mit negativer Brechkraft, die sich beim Zoomen bewegt;

mindestens eine weitere Objektivereinheit, die sich beim Zoomen als mindestens eine dritte Objektivereinheit bewegt;

eine am Nächsten zu einer Bildseite befindliche hinterste Objektivereinheit, die sich zum Zoomen nicht bewegt, wobei die erste Objektivereinheit, die zweite Objektivereinheit, die mindestens eine weitere Objektivereinheit, und die hinterste Objektivereinheit in der angegebenen Reihenfolge von einer Objektseite zur Bildseite hin angeordnet sind; sowie

eine Aperturblende, die auf der Bildseite der zweiten Objektivereinheit angeordnet ist,

wobei die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$-2,00 \times 10^{-3} < (\theta_{gf2p} - \theta_{gf2n}) / (vd_{2p} - vd_{2n}) < -0,80 \times 10^{-3};$$

$$0,0180 < \Delta\theta_{gfrn1} < 0,070;$$

und

$$0,10 < Drn1/TD < 0,40,$$

wobei vd_{2p} und vd_{2n} jeweils für Durchschnittswerte von Abbe-Zahlen von die zweite Objektivereinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen stehen, θ_{gf2p} und θ_{gf2n} jeweils für Durchschnittswerte von relativen Teildispersionen der die zweite Objektivereinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen stehen, $\Delta\theta_{gfrn1}$ für anomale Dispersion einer Linse ($Lrn1$) mit einer kleinsten Abbe-Zahl von die hinterste Objektivereinheit bildenden Negativlinsen steht, TD für einen Abstand auf einer optischen Achse von einer Oberflächenscheitelposition einer am Nächsten zur Objektseite des Zoomobjektivs gelegenen Linsenfläche zu einer Oberflächenscheitelposition einer am Nächsten zur Bildseite des Zoomobjektivs gelegenen Linsenfläche steht, und $Drn1$ für einen Abstand zwischen der Aperturblende und der Linse mit der kleinsten Abbe-Zahl an einem Weitwinkelende steht, unter der Voraussetzung, dass:

eine Abbe-Zahl vd ausgedrückt wird als:

$$vd = (Nd - 1) / (NF - NC),$$

wobei NF für einen Brechungsindex bezüglich einer F-Linie steht, Nd für einen Brechungsindex bezüglich einer d-Linie steht, und NC für einen Brechungsindex bezüglich einer C-Linie steht, eine relative Teildispersion θ_{gf} ausgedrückt wird als:

$$\theta_{gf} = (Ng - NF) / (NF - NC),$$

wobei Ng für einen Brechungsindex bezüglich einer g-Linie steht, und eine anomale Dispersion $\Delta\theta_{gf}$ mittels der relativen Teildispersion θ_{gf} und der Abbe-Zahl vd ausgedrückt wird als:

$$\Delta\theta_{gf} = \theta_{gf} - (-1,6220 \times 10^{-3} \times vd + 0,6416).$$

[0010] Gemäß der einen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das Zoomobjektiv erhalten werden, das zu einem Großformatsensor kompatibel ist und in dem die laterale chromatische Aberration über den gesamten Zoombereich zufriedenstellend korrigiert ist, während es ein hohes Zoomverhältnis besitzt, sowie die das Zoomobjektiv beinhaltende Bildaufnahmeverrichtung.

[0011] Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen deutlich. Jede der im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann einzeln implementiert werden oder als eine Kombination von mehreren Ausführungsformen oder Merkmalen davon, jeweils wo es nötig ist oder wo die Kombination von Elementen oder Merkmalen von individuellen Ausführungsformen in einer einzelnen Ausführungsform vorteilhaft ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] Fig. 1 ist eine Linsenquerschnittsansicht, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, an einem Weitwinkelende in einem Zoomobjektiv nach Ausführungsform 1.

[0013] Fig. 2A ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Weitwinkelende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 1.

[0014] Fig. 2B ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, bei einer Brennweite von 500 mm im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 1.

[0015] Fig. 2C ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Telefotoende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 1.

[0016] Fig. 3 ist eine Linsenquerschnittsansicht, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, an einem Weitwinkelende in einem Zoomobjektiv nach Ausführungsform 2.

[0017] Fig. 4A ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Weitwinkelende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 2.

[0018] Fig. 4B ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, bei einer Brennweite von 500 mm im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 2.

[0019] Fig. 4C ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Telefotoende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 2.

[0020] Fig. 5 ist eine Linsenquerschnittsansicht, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, an einem Weitwinkelende in einem Zoomobjektiv nach Ausführungsform 3.

[0021] Fig. 6A ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Weitwinkelende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 3.

[0022] Fig. 6B ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, bei einer Brennweite von 200 mm im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 3.

[0023] Fig. 6C ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Telefotoende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 3.

[0024] Fig. 7 ist eine Linsenquerschnittsansicht, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, an einem Weitwinkelende in einem Zoomobjektiv nach Ausführungsform 4.

[0025] Fig. 8A ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Weitwinkelende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 4.

[0026] Fig. 8B ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, bei einer Brennweite von 500 mm im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 4.

[0027] Fig. 8C ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Telefotoende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 4.

[0028] Fig. 9 ist eine Linsenquerschnittsansicht, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, an einem Weitwinkelende in einem Zoomobjektiv nach Ausführungsform 5.

[0029] Fig. 10A ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Weitwinkelende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 5.

[0030] Fig. 10B ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, bei einer Brennweite von 500 mm im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 5.

[0031] Fig. 10C ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Telefotote-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 5.

[0032] Fig. 11 ist eine Linsenquerschnittsansicht, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, an einem Weitwinkelende in einem Zoomobjektiv nach Ausführungsform 6.

[0033] Fig. 12A ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Weitwinkelende-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 6.

[0034] Fig. 12B ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, bei einer Brennweite von 500 mm im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 6.

[0035] Fig. 12C ist ein Longitudinalaberrationsdiagramm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, in einem Telefotote-Zustand im Zoomobjektiv nach Ausführungsform 6.

[0036] Fig. 13 ist ein schematisches Diagramm eines Hauptteils einer Bildaufnahmeverrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0037] Fig. 14 ist ein schematisches Diagramm bezüglich Zweifarben chromatischer Aberrationskorrektur und eines restlichen Sekundärspektrums von lateraler chromatischer Aberration einer negativen Objektiveneinheit auf einer Objektseite einer Aperturblende.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0038] Nachstehend sind Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung im Detail unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. Ein Zoomobjektiv gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet, in Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite, eine erste Objektiveneinheit mit positiver Brechkraft, die konfiguriert ist, sich zum Zoomen nicht zu bewegen. Das Zoomobjektiv beinhaltet auch eine zweite Objektiveneinheit mit negativer Brechkraft, die konfiguriert ist, sich beim Zoomen zu bewegen, mindestens eine weitere Objektiveneinheit, die eine Objektiveneinheit beinhaltet, die konfiguriert ist, sich beim Zoomen zu bewegen, sowie eine am Nächsten zur Bildseite gelegene hinterste Objektiveneinheit, die konfiguriert ist, sich zum Zoomen nicht zu bewegen. Die hier verwendete Formulierung "Objektiveneinheit ist konfiguriert, sich zum Zoomen nicht zu bewegen" bedeutet, dass die Objektiveneinheit nicht für den Zweck des Durchführens von Zoomen angetrieben wird, sondern zum Fokussieren bewegt werden kann.

[0039] Das Zoomobjektiv gemäß jeder Ausführungsform ist zu einem Großformatsensor kompatibel, und in ihm wird, während es ein hohes Zoomverhältnis besitzt, laterale chromatische Aberration über einen gesamten Zoombereich zufriedenstellend korrigiert durch angemessenes Einstellen von Linsenkonfigurationen der zweiten Objektiveneinheit und der am Nächsten zur Bildseite gelegenen Objektiveneinheit.

[0040] Genauer gesagt beinhaltet das Zoomobjektiv gemäß der vorliegenden Erfindung, in Reihenfolge von der Objektseite, die erste Objektiveneinheit mit der positiven Brechkraft, die konfiguriert ist, sich zum Zoomen nicht zu bewegen, die zweite Objektiveneinheit mit der negativen Brechkraft, die konfiguriert ist, sich beim Zoomen zu bewegen, die mindestens eine weitere Objektiveneinheit, die die Objektiveneinheit beinhaltet, die konfiguriert ist, sich beim Zoomen als die dritte Objektiveneinheit und nachfolgende Objektiveneinheiten zu bewegen, und die am Nächsten zur Bildseite gelegene hinterste Objektiveneinheit, die konfiguriert ist, sich zum Zoomen nicht zu bewegen. Das Zoomobjektiv beinhaltet eine Aperturblende, die auf der Bildseite der zweiten Objektiveneinheit angeordnet ist. Durchschnittswerte von Abbe-Zahlen von die zweite Objektiveneinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen werden jeweils durch $vd2p$ und $vd2n$ dargestellt, und Durchschnittswerte von relativen Teildispersionen der die zweite Objektiveneinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen werden jeweils durch θ_{gf2p} und θ_{gf2n} dargestellt. Außerdem wird anomale Dispersion einer Linse Lr_{n1} mit einer kleinsten Abbe-Zahl aus die am Nächsten zur Bildseite gelegene hinterste Objektiveneinheit aufbauenden Negativlinsen durch $\Delta\theta_{gfrn1}$ dargestellt, und ein Abstand auf einer optischen Achse zwischen einer Oberflächenscheitelposition einer am Nächsten zur Objektseite des Zoomobjektivs gelegenen Linsenfläche und einer Oberflächenscheitelposition einer am Nächsten zur Bildseite des Zoomobjektivs gelegenen Linsenfläche wird durch TD dargestellt. Wenn ein Abstand von der Aperturblende zur Negativlinse Lr_{n1} an einem Weitwinkelende durch Dr_{n1} dargestellt wird, besitzt das Zoomobjektiv weiterhin ein Merkmal, dass die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$-2,00 \times 10^{-3} < (\theta_{gf2p} - \theta_{gf2n}) / (vd2p - vd2n) < -0,80 \times 10^{-3} \quad (1);$$

$$0,0180 < \Delta\theta_{\text{gfm}} < 0,070 \quad (2);$$

und

$$0,10 < D_{\text{rn1}}/TD < 0,40 \quad (3).$$

[0041] Dies gilt unter der Voraussetzung, dass eine Abbe-Zahl v_d und eine relative Teildispersion θ_{gf} jeweils ausgedrückt werden als:

$$v_d = (N_d - 1)/(N_F - N_C), \quad (i)$$

$$\theta_{\text{gf}} = (N_g - N_F)/(N_F - N_C), \quad (ii)$$

wobei N_F , N_d , N_C und N_g jeweils für einen Brechungsindex bezüglich einer F-Linie (486,1 nm), d-Linie (587,6 nm), C-Linie (656,3 nm) und g-Linie (435,8 nm) von Fraunhofer-Linien stehen.

[0042] Anomale Dispersion $\Delta\theta_{\text{gf}}$ wird mittels der relativen Teildispersion θ_{gf} und der Abbe-Zahl v_d ausgedrückt als:

$$\Delta\theta_{\text{gf}} = \theta_{\text{gf}} - (-1,6220 \times 10^{-3} \times v_d + 0,6416).$$

[0043] Der Bedingungsausdruck (1) definiert eine Beziehung zwischen den Durchschnittswerten v_{d2p} und v_{d2n} der Abbe-Zahlen und den Durchschnittswerten $\theta_{\text{gf}2p}$ und $\theta_{\text{gf}2n}$ der relativen Teildispersionen von den die zweite Objekteinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen.

[0044] Die relative Teildispersion θ_{gF} eines vorliegenden Optikmaterials liegt in einem engen Bereich bezüglich der Abbe-Zahl v_d vor. Weiterhin hat das vorliegende Optikmaterial die Neigung, dass je kleiner die Abbe-Zahl v_d wird, desto größer wird die relative Teildispersion θ_{gF} ; das heißt, je größer die Abbe-Zahl v_d wird, desto kleiner wird der Brechungsindex. Hier wird eine Bedingung zum Korrigieren einer chromatischen Aberration in einem dünnen kontaktierenden Linsensystem, das zwei Linsen 1 und 2 jeweils mit Brechkraften ϕ_1 und ϕ_2 und Abbe-Zahlen v_1 und v_2 beinhaltet, durch den folgenden Ausdruck ausgedrückt.

$$\phi_1/v_1 + \phi_2/v_2 = E \quad (iii)$$

[0045] In diesem Fall wird eine kombinierte Brechkraft ϕ der Linsen 1 und 2 durch den folgenden Ausdruck ausgedrückt.

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 \quad (iv)$$

[0046] Wenn $E = 0$ in Ausdruck (iii) erfüllt ist, passen Abbildungspositionen der C-Linie und der F-Linie beim Korrigieren der chromatischen Aberration zueinander. Zu diesem Zeitpunkt werden ϕ_1 und ϕ_2 jeweils durch die folgenden Ausdrücke ausgedrückt.

$$\phi_1 = \phi \times v_1/(v_1 - v_2) \quad (v)$$

$$\phi_2 = \phi \times v_2/(v_1 - v_2) \quad (vi)$$

[0047] Fig. 14 ist ein schematisches Diagramm bezüglich Zweifarben chromatischer Aberrationskorrektur und eines restlichen Sekundärspektrums einer lateralen chromatischen Aberration von einer Objekteinheit NL, die negative Brechkraft besitzt und zwischen einer Objektebene und der Aperturblende angeordnet ist. Um die chromatische Aberration der in Fig. 14 veranschaulichten negativen Objekteinheit NL zu korrigieren, wird für eine Negativlinse 1 ein Material mit einer großen Abbe-Zahl v_1 verwendet, und für eine Positivlinse 2 ein Material mit einer kleinen Abbe-Zahl v_2 verwendet. Daher besitzt die Negativlinse 1 eine kleine relative Teildispersion θ_1 , und die Positivlinse 2 besitzt eine große relative Teildispersion θ_2 . Wenn die laterale chromatische Aberration für die C-Linie und die F-Linie korrigiert wird, verschiebt sich ein Abbildungspunkt der g-Linie in eine von der optischen Achse getrennte Richtung. Falls ein Betrag der Verschiebung der lateralen chromatischen Aberration der g-Linie bezüglich der C-Linie und der F-Linie als Sekundärspektrumbetrag ΔY definiert wird, wird der Sekundärspektrumbetrag ΔY durch den folgenden Ausdruck ausgedrückt.

$$\Delta Y = (1/\phi) \times (\theta_1 - \theta_2)/(v_1 - v_2) \quad (vii)$$

[0048] Um das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration über den gesamten Zoombereich zufriedenstellend zu korrigieren, ist es notwendig, einen Betrag des in der zweiten Objektivseinheit erzeugten Sekundärspektrums zu reduzieren, das in hohem Maße die Variationen in der lateralen chromatischen Aberration beeinflusst. Die zweite Objektivseinheit besitzt die negative Brechkraft. Um den Variationsbetrag des Sekundärspektrums der lateralen chromatischen Aberration über den gesamten Zoombereich zufriedenstellend zu korrigieren, ist es somit notwendig, ein Glassmaterial so auszuwählen, dass der Sekundärspektrumbetrag ΔY reduziert wird.

[0049] Die Bedingung von Bedingungs Ausdruck (1) definiert die Beziehung zwischen den Abbe-Zahlen und den relativen Teildispersionen von den die zweite Objektivseinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen, um ΔY zu reduzieren.

[0050] Wenn $(\theta_{gf2p} - \theta_{gf2n}) / (v_{d2p} - v_{d2n})$ die Obergrenze von Bedingungs Ausdruck (1) überschreitet, wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration vorteilhaft korrigiert, aber Brechungsindices von den die zweite Objektivseinheit bildenden Negativlinsen werden niedrig, um Krümmungsradien der Negativlinsen zu reduzieren. Als Ergebnis werden Aberrationen höherer Ordnung aus Bildfeldwölbung und Koma vergrößert, wodurch es schwierig wird, eine gute optische Leistung zu erreichen. Wenn die Bedingung der Untergrenze von Bedingungs Ausdruck (1) nicht erfüllt ist, wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration vergrößert. Als Ergebnis wird es schwierig, die chromatische Aberration zufriedenstellend zu korrigieren.

[0051] Wie oben beschrieben, kann die Variation in der lateralen chromatischen Aberration aufgrund Zoomens reduziert werden, wenn eine Linsenkonfiguration der zweiten Objektivseinheit konfiguriert ist Bedingungs Ausdruck (1) zu erfüllen. Andererseits wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration des gesamten Zoomobjektivs an jeder Zoomposition unter(negativ), und somit wird die laterale chromatische Aberration insbesondere an einem Telefotoende überkorrigiert. Um dieses Problem zu adressieren, kann, wenn eine Negativlinse mit hoher relativer Teildispersion in der am Nächsten zur Bildseite gelegenen Objektivseinheit angeordnet ist, die konfiguriert ist, sich beim Zoomen nicht zu bewegen, das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration über einen gesamten Zoombereich völlig zur unter(positiv)-Seite verschoben werden, und somit kann die zufriedenstellende Korrektur der lateralen chromatischen Aberration über den gesamten Zoombereich erreicht werden.

[0052] Der Bedingungs Ausdruck (2) definiert ein anomales Dispersionsverhältnis der Linse Lrn1 mit der kleinsten Abbe-Zahl unter den Negativlinsen, die die am Nächsten zur Bildseite gelegene hinterste Objektivseinheit bilden, und definiert eine Bedingung, um das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration positiv am Weitwinkelende zu machen.

[0053] Wenn $\Delta\theta_{gfrn1}$ die Obergrenze von Bedingungs Ausdruck (2) überschreitet, wird eine Wirkung kleiner, das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration am Weitwinkelende über(positiv) zu machen. Als Ergebnis wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration am Telefotoende überkorrigiert, wodurch es schwierig wird, eine gute Bildqualität über den gesamten Zoombereich zu erhalten. Im Gegenteil, wenn $\Delta\theta_{gfrn1}$ unter die Untergrenze des Bedingungs Ausdrucks fällt, wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration über(positiv) und unterkorrigiert am Weitwinkelende. Als Ergebnis wird es schwierig, eine gute Bildqualität über den gesamten Zoombereich zu erhalten.

[0054] Der Bedingungs Ausdruck (3) definiert ein Verhältnis aus dem Abstand der Linse Lrn1 mit der kleinsten Abbe-Zahl von den Negativlinsen, die die von der Aperturblende am Nächsten zur Bildseite gelegene hinterste Objektivseinheit bilden, und einer Gesamtobjektivdicke. Der hier verwendete Begriff "Gesamtobjektivdicke" bezieht sich auf einen Abstand von einer Oberflächenscheitelposition der am Nächsten zur Objektseite gelegenen Linsenfläche zu einer Oberflächenscheitelposition der am Nächsten zur Bildseite gelegenen Linsenfläche. Wenn Bedingungs Ausdruck (3) erfüllt ist, kann ein Erzeugungsbetrag des Sekundärspektrums der lateralen chromatischen Aberration ohne Verschlechtern eines Sekundärspektrums von axialer chromatischer Aberration am Weitwinkelende angepasst werden.

[0055] Wenn $Drn1/TD$ die Obergrenze von Bedingungs Ausdruck (3) überschreitet, wird der Abstand der Linse Lrn1 von der Blende größer, mit dem Ergebnis, dass eine Höhe eines in die Linse Lrn1 eintretenden außeralen Strahls zu hoch wird, und das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration über(positiv) und unterkorrigiert am Weitwinkelende wird. Als Ergebnis wird es schwierig, eine gute Bildqualität über den gesamten Zoombereich zu erhalten. Wenn $Drn1/TD$ unter die Untergrenze von Bedingungs Ausdruck (3) fällt, ist die Linse Lrn1 nahe zur Blende angeordnet, mit dem Ergebnis, dass eine Strahlhöhe eines durch die Lin-

se Lrn1 hindurchtretenden axialen Strahls höher wird, und das Sekundärspektrum der axialen chromatischen Aberration verschlechtert wird. Als Ergebnis wird es schwierig, eine gute Bildqualität zu erhalten.

[0056] Vorzugsweise sind die numerischen Wertebereiche der Bedingungsausdrücke (1) bis (3) wie folgt einzustellen:

$$-1,60 \times 10^{-3} < (\theta_{gf2p} - \theta_{gf2n}) / (v_{d2p} - v_{d2n}) < -1,00 \times 10^{-3} \quad (1a);$$

$$0,0200 < \theta_{gfrn1} < 0,0640 \quad (2a);$$

und

$$0,14 < D_{rn1} / TD < 0,34 \quad (3a).$$

[0057] In jeder Ausführungsform ist weiterhin vorzugsweise eine oder mehr der unten diskutierten folgenden Bedingungen (4) bis (9) zu erfüllen.

[0058] In einem weiteren Aspekt des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine relative Teildispersion der Linse Lrn1 mit der kleinsten Abbe-Zahl von den Negativlinsen definiert, die die am Nächsten zur Bildseite gelegene hinterste Objektiveneinheit bilden. Vorzugsweise ist der folgende Bedingungsausdruck zu erfüllen:

$$0,62 < \theta_{gfrn1} < 0,70 \quad (4),$$

wobei θ_{gfrn1} für die relative Teildispersion der Linse Lrn1 steht.

[0059] Wenn Bedingungsausdruck (4) erfüllt ist, kann das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration zufriedenstellend korrigiert werden. Wenn θ_{gfrn1} die Obergrenze von Bedingungsausdruck (4) überschreitet, wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration am Weitwinkelende zu sehr vergrößert. Als Ergebnis wird es schwierig, die chromatische Aberration am Weitwinkelende zufriedenstellend zu korrigieren. Wenn θ_{gfrn1} unter die Untergrenze von Bedingungsausdruck (4) fällt, wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration am Telefotoende überkorrigiert. Als Ergebnis wird es schwierig, die laterale chromatische Aberration am Telefotoende zufriedenstellend zu korrigieren.

[0060] Mehr vorzugsweise ist der numerische Wertebereich von Bedingungsausdruck (4) wie folgt einzustellen:

$$0,63 < \theta_{gfrn1} < 0,68 \quad (4a).$$

[0061] In einem weiteren Aspekt des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung werden relative Teildispersionen von in der ersten Objektiveneinheit verwendeten Optikmaterialien definiert. Vorzugsweise ist der folgende Bedingungsausdruck erfüllt:

$$-7,0 \times 10^{-4} < (\theta_{gf1p} - \theta_{gf1n}) / (v_{1p} - v_{1n}) < -2,0 \times 10^{-4} \quad (5),$$

wobei v_{1p} und θ_{gf1p} jeweils für Durchschnittswerte von Abbe-Zahlen und relativen Teildispersionen von die erste Objektiveneinheit bildenden Positivlinsen stehen, und v_{1n} und θ_{gf1n} jeweils für Durchschnittswerte von Abbe-Zahlen und relativen Teildispersionen von Negativlinsen stehen.

[0062] Der Bedingungsausdruck (5) wird definiert, um die Korrektur der axialen chromatischen Aberration am Telefotoende und eine hohe optische Leistung zu erreichen.

[0063] Wenn $(\theta_{gf1p} - \theta_{gf1n}) / (v_{1p} - v_{1n})$ die Obergrenze von Bedingungsausdruck (5) überschreitet, wird das Sekundärspektrum der axialen chromatischen Aberration am Telefotoende vorteilhaft korrigiert, aber Brechungsindices von die zweite Objektiveneinheit bildenden Positivlinsen werden reduziert, mit dem Ergebnis, dass Krümmungsradien der die zweite Objektiveneinheit bildenden Positivlinsen kleiner werden. Als Ergebnis wird eine Aberration hoher Ordnung der sphärischen Aberration am Telefotoende vergrößert, wodurch es schwierig wird, eine gute optische Leistung zu erreichen. Wenn $(\theta_{gf1p} - \theta_{gf1n}) / (v_{1p} - v_{1n})$ unter die Untergrenze von Bedingungsausdruck (5) fällt, wird das Sekundärspektrum der axialen chromatischen Aberration am Telefotoende vergrößert. Als Ergebnis wird es schwierig, die chromatischen Aberrationen am Telefotoende zufrieden-

stellend zu korrigieren. Mehr vorzugsweise ist der numerische Wertebereich von Bedingungsausdruck (5) wie folgt einzustellen:

$$-6,3 \times 10^{-4} < (\theta_{gf1p} - \theta_{gf1n}) / (v_{1p} - v_{1n}) < -2,3 \times 10^{-4} \quad (5a).$$

[0064] In einem weiteren Aspekt des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Beziehung aus der Brennweite der ersten Objektivereinheit und einer Brennweite der zweiten Objektivereinheit definiert. Vorzugsweise ist der folgende Bedingungsausdruck zu erfüllen:

$$-8,50 < f_1/f_2 < -4,00 \quad (6),$$

wobei f_2 für die Brennweite der zweiten Objektivereinheit steht.

[0065] Der Bedingungsausdruck (6) wird erfüllt, um einen das Zoomen begleitenden Bewegungsumfang der zweiten Objektivereinheit zu reduzieren, während die axiale chromatische Aberration zufriedenstellend korrigiert wird, und eine Gesamtoobjektivlänge wird reduziert, während die Zunahme in der Vergrößerung erreicht wird. Wenn f_1/f_2 die Obergrenze von Bedingungsausdruck (6) überschreitet, wird die Brennweite der zweiten Objektivereinheit relativ kürzer, was beim Verkleinern vorteilhaft ist, aber das Zoomen begleitende Aberrationsvariationen vergrößert. Wenn f_1/f_2 unter die Untergrenze von Bedingungsausdruck (6) fällt, wird die Brennweite der zweiten Objektivereinheit relativ länger, mit dem Ergebnis, dass der Bewegungsumfang der zweiten Objektivereinheit beim Zoomen vergrößert wird, um die Größe des Zoomobjektivs zu vergrößern. Als Ergebnis wird es schwierig, die Größe und das Gewicht zu reduzieren.

[0066] Mehr vorzugsweise ist der numerische Wertebereich von Bedingungsausdruck (6) wie folgt einzustellen:

$$-7,80 < f_1/f_2 < -4,80 \quad (6a).$$

[0067] In einem weiteren Aspekt des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Beziehung zwischen einer Brennweite am Telefotoende und einer Brennweite der ersten Objektivereinheit definiert. Vorzugsweise ist der folgende Bedingungsausdruck zu erfüllen:

$$2,0 < f_t/f_1 < 5,5 \quad (7),$$

wobei f_t für die Brennweite am Telefotoende steht.

[0068] Wenn Bedingungsausdruck (7) erfüllt ist, wird die axiale chromatische Aberration zufriedenstellend korrigiert, während ein hohes Zoomverhältnis erreicht wird. Wenn f_t/f_1 die Obergrenze von Bedingungsausdruck (7) überschreitet, wird das gesamte System des Zoomobjektivs vorteilhaft verkleinert, aber es wird schwierig die optische Leistung am Telefotoende und insbesondere die axiale chromatische Aberration zufriedenstellend zu korrigieren. Wenn f_t/f_1 unter die Untergrenze von Bedingungsausdruck (7) fällt, wird die Brennweite der ersten Objektivereinheit vergrößert. Als Ergebnis wird es schwierig, das hohe Zoomverhältnis von $10\times$ oder mehr und das Verkleinern des gesamten Systems des Zoomobjektivs zu verwirklichen.

[0069] Mehr vorzugsweise ist der numerische Wertebereich von Bedingungsausdruck (7) wie folgt einzustellen:

$$2,2 < f_t/f_1 < 5,0 \quad (7a).$$

[0070] In einem weiteren Aspekt des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Abbe-Zahl der Linse L_{rn1} mit der kleinsten Abbe-Zahl von den Negativlinsen definiert, die die am Nächsten zur Bildseite gelegene hinterste Objektivereinheit bilden, und es wird eine Bedingung definiert zum Verwenden eines Glassmaterials mit einer hohen relativen Teildispersion. Vorzugsweise erfüllt die Abbe-Zahl v_{drn1} der Linse L_{rn1} den folgenden Bedingungsausdruck:

$$14 < v_{drn1} < 24 \quad (8).$$

[0071] Wenn v_{drn1} die Obergrenze von Bedingungsausdruck (8) überschreitet, wird die Wirkung kleiner, das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration über(positiv) am Weitwinkelende zu machen. Als Ergebnis wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration am Telefotoende überkorrigiert,

wodurch es schwierig wird, eine gute Bildqualität über den gesamten Zoombereich zu erhalten. Im Gegenteil, wenn v_{drn1} unter die Untergrenze des Bedingungsausdrucks fällt, wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration positiv und unterkorrigiert am Weitwinkelende. Als Ergebnis wird es schwierig, eine gute Bildqualität über den gesamten Zoombereich zu erhalten.

[0072] Mehr vorzugsweise ist der numerische Wertebereich von Bedingungsausdruck (8) wie folgt einzustellen:

$$15 < v_{drn1} < 23 \quad (8a).$$

[0073] In einem weiteren Aspekt des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Linse L_{rn1} mit der kleinsten Abbe-Zahl unter den Negativlinsen, die die am Nächsten zur Bildseite gelegene hinterste Objektivereinheit bilden, mit einer Positivlinse verkittet, und es wird eine Beziehung definiert zwischen relativen Teildispersionen der Negativlinse und der Positivlinse. Vorzugsweise ist der folgende Bedingungsausdruck (9) zu erfüllen:

$$-8,40 \times 10^{-3} < (\theta_{gfrp1} - \theta_{gfrn1}) / (v_{drp1} - v_{drn1}) < -3,50 \times 10^{-3} \quad (9),$$

wobei v_{drp1} und θ_{gfrp1} jeweils für die Abbe-Zahl und die relative Teildispersion der Positivlinse stehen.

[0074] Wenn $(\theta_{gfrp1} - \theta_{gfrn1}) / (v_{drp1} - v_{drn1})$ die Obergrenze von Bedingungsausdruck (9) überschreitet, wird die Wirkung kleiner, das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration über(positiv) am Weitwinkelende zu machen. Als Ergebnis wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration am Telefotolende überkorrigiert, wodurch es schwierig wird, eine gute Bildqualität über den gesamten Zoombereich zu erhalten. Im Gegenteil, wenn $(\theta_{gfrp1} - \theta_{gfrn1}) / (v_{drp1} - v_{drn1})$ unter die Untergrenze des Bedingungsausdrucks fällt, wird das Sekundärspektrum der lateralen chromatischen Aberration über(positiv) und unterkorrigiert am Weitwinkelende. Als Ergebnis wird es schwierig, eine gute Bildqualität über den gesamten Zoombereich zu erhalten.

[0075] Mehr vorzugsweise ist der numerische Wertebereich von Bedingungsausdruck (9) wie folgt einzustellen:

$$-8,00 \times 10^{-3} < (\theta_{gfrp1} - \theta_{gfrn1}) / (v_{drp1} - v_{drn1}) < -3,70 \times 10^{-3} \quad (9a).$$

[0076] Eine spezifische Konfiguration des Zoomobjektivs der vorliegenden Erfindung ist unten über Merkmale von Linsenkonfigurationen von Ausführungsformen 1 bis 6 bzw. dazu entsprechenden Numerischen Ausführungsformen 1 bis 6 beschrieben.

[Ausführungsform 1]

[0077] Fig. 1 ist eine Linsenquerschnittsansicht am Weitwinkelende (Kurze Brennweite-Ende), wenn der Fokus auf einem Objekt im Unendlichen liegt, als Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung (die der Numerischen Ausführungsform 1 entspricht). Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 2C sind jeweils Aberrationsdiagramme am Weitwinkelende in einem Zustand, in dem der Fokus im Unendlichen liegt, an einer Zoomposition mit einer Brennweite von 500 mm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, und am Telefotolende, wenn der Fokus im Unendlichen liegt. In den Linsenquerschnittsansichten ist die linke Seite eine Subjekt(Objekt)-Seite (Vorderseite), und die rechte Seite ist die Bildseite (Rückseite). Eine erste Objektivereinheit L1 mit positiver Brechkraft ist konfiguriert, sich beim Zoomen nicht zu bewegen. Die erste Objektivereinheit L1 beinhaltet in Reihenfolge von der Objektseite die folgenden Untereinheiten: eine Untereinheit L11 mit positiver Brechkraft, und eine Untereinheit L12 mit positiver Brechkraft. Die Untereinheit L12 mit der positiven Brechkraft wird in der optischen Achsenrichtung bewegt, um die Fokusanpassung durchzuführen. Eine zweite Objektivereinheit L2 mit negativer Brechkraft ist konfiguriert, sich beim Zoomen zu bewegen, und wird auf der optischen Achse zur Bildebene-Seite hin bewegt, um Zoomen vom Weitwinkelende zum Telefotolende durchzuführen. Eine dritte Objektivereinheit L3 ist konfiguriert, sich beim Zoomen zu bewegen, und wird auf der optischen Achse vom Weitwinkelende zum Telefotolende bewegt. Eine fixierte Objektivereinheit L4 ist eine vierte Objektivereinheit (Übertragungslinseneinheit) mit positiver Brechkraft. Die vierte Objektivereinheit beinhaltet in Reihenfolge von der Objektseite die folgenden Untereinheiten: eine Untereinheit L41 mit positiver Brechkraft, und eine Untereinheit L42 mit positiver Brechkraft. Eine fixierte Aperturblende SP ist zwischen der Untereinheit L41 und der Untereinheit L42 platziert. In der vierten Objektivereinheit L4 kann ein Konverter (Extender) zum Konvertieren der Brennweite oder

dergleichen angebracht werden. Eine Bildebene I entspricht der Bildaufnahmeebene wie z. B. ein Festkörper-Bildaufnahmeelement oder eine Filmoberfläche.

[0078] In den Aberrationsdiagrammen stehen die durchgezogene Linie und die doppelt-gepunktet-gestrichelte Linie bei der sphärischen Aberration jeweils für eine e-Linie (546.1 nm) und die g-Linie. Die durchgezogene Linie und die einfach-gepunktet-gestrichelte Linie beim Astigmatismus stehen jeweils für eine sagittale Bildebene (ΔS) und eine meridionale Bildebene (ΔM), und die doppelt-gepunktet-gestrichelte Linie bei der lateralen chromatischen Aberration steht für die g-Linie. Der Astigmatismus und die laterale chromatische Aberration sind als Beträge von Aberrationen veranschaulicht, wenn angenommen wird, dass ein Strahl, der durch eine Mitte eines Lichtflusses an einer Blendenposition hindurchtritt, ein Hauptstrahl ist. Ein paraxialer Halbblickwinkel ist durch ω dargestellt, und eine Blendenzahl ist durch F_{no} dargestellt. In den Longitudinalaberrationsdiagrammen sind die sphärische Aberration, der Astigmatismus, eine Verzeichnung, und die laterale chromatische Aberration jeweils mit Maßstäben von 0,5 mm, 0,5 mm, 5% und 0,05 mm gezeichnet. Man beachte, dass in den folgenden Ausführungsformen die Begriffe "Weitwinkelende" und "Telefotoende" sich jeweils auf Zoompositionen zu Zeitpunkten beziehen, wenn die zweite Objektivereinheit an beiden Enden eines Bereichs gelegen ist, innerhalb dem die zweite Objektivereinheit auf der optischen Achse mechanisch bewegbar ist. Die obigen Beschreibungen über die Linsenquerschnittsansichten und die Aberrationsdiagramme sind, sofern nicht anders spezifiziert, auch in den folgenden Ausführungsformen dieselben.

[0079] In Ausführungsform 1 sind eine erste bis vierte Objektivereinheit beschrieben. Die erste Objektivereinheit L1 beinhaltet die folgenden Untereinheiten: die Untereinheit L11, die der ersten bis achten Linsenfläche entspricht, und die Untereinheit L12, die der neunten bis zwölften Linsenfläche entspricht. Die Untereinheit L11 mit positiver Brechkraft beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Positivlinse, eine Negativlinse, eine Positivlinse und eine Negativlinse. Die Untereinheit L12 mit positiver Brechkraft beinhaltet zwei Positivlinsen, und die Untereinheit L12 wird in der optischen Achsenrichtung bewegt, um die Fokusanpassung durchzuführen. Die zweite Objektivereinheit L2 entspricht der dreizehnten bis einundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Negativlinse, eine eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltende positive gekittete Linse, eine Negativlinse und eine Positivlinse. Die dritte Objektivereinheit L3 entspricht der zweiundzwanzigsten bis vierundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet eine negative gekittete Linse, die eine Negativlinse und eine Positivlinse in Reihenfolge von der Objektseite beinhaltet. Die vierte Objektivereinheit L4 beinhaltet die folgenden Untereinheiten: eine Untereinheit L41, die der fünfundzwanzigsten bis achtundzwanzigsten Linsenfläche entspricht, und eine Untereinheit L42, die der dreißigsten bis fünfundvierzigsten Linsenfläche entspricht. Die Untereinheit L41 beinhaltet zwei Linsen. Die Untereinheit L42 beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine negative gekittete Linse, eine Positivlinse, eine negative gekittete Linse, eine Positivlinse, eine positive gekittete Linse und eine negative gekittete Linse. Für die dreizehnte Fläche und die sechsundzwanzigste Fläche werden asphärische Flächen verwendet. Die asphärische Fläche als dreizehnte Fläche korrigiert eine Variation in Bildfeldkrümmung aufgrund Zoomens und die Variation in sphärischer Aberration auf einer Telefotoseite. Die asphärische Fläche als sechsundzwanzigste Fläche unterdrückt die Variation in sphärischer Aberration aufgrund Zoomens und eine Variation in Koma aufgrund des Feldwinkels auf einer Weitwinkelseite.

[0080] Zu den Bedingungsausdrücken in dieser Ausführungsform entsprechende Werte sind in Tabelle 1 gezeigt. In dieser Ausführungsform sind alle Bedingungsausdrücke erfüllt, um eine gute optische Leistung zu erreichen. Außerdem besitzt das Zoomobjektiv ein hohes Zoomverhältnis von 18 \times , und besitzt eine maximale Bildhöhe, die durch ein Produkt aus der Brennweite und dem Halbblickwinkel bestimmt ist, von 15,9 mm, um zu Großformatsensoren kompatibel zu sein.

[Ausführungsform 2]

[0081] Fig. 3 ist eine Linsenquerschnittsansicht am Weitwinkelende (Kurze Brennweite-Ende), wenn der Fokus auf einem Objekt im Unendlichen liegt, als Ausführungsform 2 der vorliegenden Erfindung (die der Numerischen Ausführungsform 2 entspricht). Fig. 4A, Fig. 4B und Fig. 4C sind jeweils Aberrationsdiagramme in einem Zustand am Weitwinkelende, in dem der Fokus im Unendlichen liegt, an einer Zoomposition mit einer Brennweite von 500 mm, wenn der Fokus im Unendlichen liegt, und am Telefotoende, wenn der Fokus im Unendlichen liegt.

[0082] In Ausführungsform 2 sind eine erste bis fünfte Objektivereinheit beschrieben. Die erste Objektivereinheit L1 ist konfiguriert, sich beim Zoomen nicht zu bewegen, und beinhaltet Untereinheiten L11, L12 und L13, die jeweils der ersten bis sechsten Linsenfläche, der siebten bis elften Linsenfläche, und der zwölften bis vierzehnten Linsenfläche entsprechen. Die Untereinheit L11 mit positiver Brechkraft beinhaltet, in Reihenfolge von der Ob-

jektseite, zwei Positivlinsen und eine Negativlinse. Die Untereinheit L12 mit positiver Brechkraft beinhaltet eine Positivlinse und eine eine Positivlinse und eine Negativlinse beinhaltende gekittete Linse, und die Untereinheit L12 wird in der optischen Achsenrichtung bewegt, um Fokusanpassung durchzuführen. Die Untereinheit L13 mit negativer Brechkraft beinhaltet eine eine Positivlinse und eine Negativlinse beinhaltende gekittete Linse. Die zweite Objektivereinheit L2 entspricht der fünfzehnten bis fünfundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Negativlinse, eine positive eine Positivlinse und eine Negativlinse beinhaltende gekittete Linse, eine Negativlinse, eine Positivlinse und eine Negativlinse. Die dritte Objektivereinheit L3 entspricht der sechsundzwanzigsten bis einunddreißigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Positivlinse, eine Negativlinse und eine Positivlinse. Die vierte Objektivereinheit L4 entspricht der zweiunddreißigsten bis siebenunddreißigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Positivlinse, und eine eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltende gekittete Linse. Die jeweiligen Objektivereinheiten L2, L3 und L4 werden in der optischen Achsenrichtung bewegt, um Zoomen durchzuführen. Die fünfte Objektivereinheit L5 ist eine fixierte Einheit, entspricht der achtunddreißigsten bis zweiundfünfzigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Negativlinse, eine Positivlinse, eine Negativlinse, eine Positivlinse und zwei gekittete Linsen. Asphärische Flächen werden für die fünfzehnte Fläche, die neunundzwanzigste Fläche, und die zweiunddreißigste Fläche verwendet, und unterdrücken eine Variation in sphärischer Aberration aufgrund Zoomens und die Variation in Koma aufgrund des Feldwinkels auf einer Weitwinkelseite.

[0083] Zu den Bedingungsausdrücken in dieser Ausführungsform entsprechende Werte sind in Tabelle 1 gezeigt. In dieser numerischen Ausführungsform sind alle Bedingungsausdrücke erfüllt, um eine gute optische Leistung zu erreichen. Außerdem besitzt das Zoomobjektiv ein hohes Zoomverhältnis von 25 \times , und besitzt eine maximale Bildhöhe, die durch ein Produkt aus der Brennweite und dem Halbblickwinkel bestimmt ist, von 14,50 mm, um zu Großformatsensoren kompatibel zu sein.

[Ausführungsform 3]

[0084] Fig. 5 ist eine Linsenquerschnittsansicht am Weitwinkelende (Kurze Brennweite-Ende), wenn der Fokus auf einem Objekt im Unendlichen liegt, als Ausführungsform 3 des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung (die der Numerischen Ausführungsform 3 entspricht). Fig. 6A, Fig. 6B und Fig. 6C sind jeweils Aberrationsdiagramme in einem Zustand, in dem der Fokus im Unendlichen liegt: am Weitwinkelende, an einer Zoomposition mit einer Brennweite von 200 mm, und am Telefotoende.

[0085] In Ausführungsform 3 sind eine erste bis fünfte Objektivereinheit beschrieben. Die erste Objektivereinheit L1 ist konfiguriert, sich beim Zoomen nicht zu bewegen, und beinhaltet Untereinheiten L11, L12 und L13, die jeweils der ersten bis vierten Linsenfläche, der fünften bis neunten Linsenfläche, und der zehnten bis zwölften Linsenfläche entsprechen. Die Untereinheit L11 mit positiver Brechkraft beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Positivlinse und eine Negativlinse. Die Untereinheit L12 mit positiver Brechkraft beinhaltet eine Positivlinse und eine eine Positivlinse und eine Negativlinse beinhaltende gekittete Linse, und die Untereinheit L12 wird in einer optischen Achsenrichtung bewegt, um Fokusanpassung durchzuführen. Die Untereinheit L13 mit negativer Brechkraft beinhaltet eine eine Positivlinse und eine Negativlinse beinhaltende gekittete Linse. Die zweite Objektivereinheit L2 entspricht der dreizehnten bis dreiundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, zwei Negativlinsen, eine eine Positivlinse und eine Negativlinse beinhaltende positive gekittete Linse, eine Positivlinse und eine Negativlinse. Die dritte Objektivereinheit L3 entspricht der vierundzwanzigsten bis neunundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Positivlinse, eine Negativlinse und eine Positivlinse. Die vierte Objektivereinheit L4 entspricht der dreißigsten bis vierunddreißigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Positivlinse, und eine eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltende gekittete Linse. Die jeweiligen Objektivereinheiten L2, L3 und L4 werden in der optischen Achsenrichtung bewegt, um Zoomen durchzuführen. Die fünfte Objektivereinheit L5 ist eine fixierte Einheit, entspricht der fünfunddreißigsten bis zweiundfünfzigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltende gekittete Linse, eine Negativlinse, eine Positivlinse, eine Negativlinse, eine negative gekittete Linse, eine positive gekittete Linse und eine Positivlinse. Eine asphärische Fläche wird für die siebenundzwanzigste Fläche verwendet, und unterdrückt eine Variation in sphärischer Aberration aufgrund Zoomens, und die Variation in Koma aufgrund des Feldwinkels auf einer Weitwinkelseite.

[0086] Zu den Bedingungsausdrücken in dieser Ausführungsform entsprechende Werte sind in Tabelle 1 gezeigt. In dieser numerischen Ausführungsform sind alle Bedingungsausdrücke erfüllt, um eine gute optische Leistung zu erreichen. Außerdem besitzt das Zoomobjektiv ein hohes Zoomverhältnis von 10 \times , und besitzt

eine maximale Bildhöhe, die durch ein Produkt aus der Brennweite und dem Halbblickwinkel bestimmt ist, von 15,55 mm, um zu Großformatsensoren kompatibel zu sein.

[Ausführungsform 4]

[0087] Fig. 7 ist eine Linsenquerschnittsansicht am Weitwinkelende (Kurze Brennweite-Ende), wenn der Fokus auf einem Objekt im Unendlichen liegt, als Ausführungsform 4 des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung (die der Numerischen Ausführungsform 4 entspricht). Fig. 8A, Fig. 8B und Fig. 8C sind jeweils Aberrationsdiagramme in einem Zustand, in dem der Fokus im Unendlichen liegt: am Weitwinkelende, an einer Zoomposition mit einer Brennweite von 500 mm, und am Telefotoende.

[0088] In Ausführungsform 4 sind eine erste bis vierte Objektivereinheit beschrieben. Die erste Objektivereinheit L1 ist konfiguriert, sich beim Zoomen nicht zu bewegen, und beinhaltet Untereinheiten L11 und L12, die jeweils der ersten bis achten Linsenfläche und der neunten bis zwölften Linsenfläche entsprechen. Die Untereinheit L11 mit positiver Brechkraft beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Positivlinse, eine Negativlinse, eine Positivlinse und eine Negativlinse. Die Untereinheit L12 mit positiver Brechkraft beinhaltet zwei Positivlinsen, und die Untereinheit L12 wird in einer optischen Achsenrichtung bewegt, um Fokusanpassung durchzuführen. Die zweite Objektivereinheit L2 entspricht der dreizehnten bis einundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Negativlinse, eine eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltende positive gekittete Linse, eine Negativlinse und eine Positivlinse. Die dritte Objektivereinheit L3 entspricht der zweiundzwanzigsten bis vierundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet eine negative gekittete Linse, die, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltet. Die jeweiligen Objektivereinheiten L2 und L3 werden in der optischen Achsenrichtung bewegt, um Zoomen durchzuführen. Die vierte Objektivereinheit L4 ist eine fixierte Einheit, und beinhaltet Untereinheiten L41 und L42, die jeweils der fünfundzwanzigsten bis achtundzwanzigsten Linsenfläche und der dreißigsten bis fünfundvierzigsten Linsenfläche entsprechen. Die Untereinheit L41 beinhaltet zwei Linsen. Die Untereinheit L42 beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine negative gekittete Linse, eine Positivlinse, eine negative gekittete Linse, eine Positivlinse, eine positive gekittete Linse und eine negative gekittete Linse. Asphärische Flächen werden für die dreizehnte Fläche und die sechsundzwanzigste Fläche verwendet. Die asphärische Fläche als dreizehnte Fläche korrigiert die Variation in Bildfeldwölbung aufgrund Zoomens und die Variation in sphärischer Aberration auf einer Telefotoseite. Die asphärische Fläche als sechsundzwanzigste Fläche unterdrückt die Variation in sphärischer Aberration aufgrund Zoomens und die Variation in Koma aufgrund des Feldwinkels auf der Weitwinkelseite.

[Ausführungsform 5]

[0089] Fig. 9 ist eine Linsenquerschnittsansicht am Weitwinkelende (Kurze Brennweite-Ende), wenn der Fokus auf einem Objekt im Unendlichen liegt, als Ausführungsform 5 des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung (die der Numerischen Ausführungsform 5 entspricht). Fig. 10A, Fig. 10B und Fig. 10C sind jeweils Aberrationsdiagramme in einem Zustand, in dem der Fokus im Unendlichen liegt: am Weitwinkelende, an einer Zoomposition mit einer Brennweite von 500 mm, und am Telefotoende.

[0090] In Ausführungsform 5 sind eine erste bis vierte Objektivereinheit beschrieben. Die erste Objektivereinheit L1 ist konfiguriert, sich beim Zoomen nicht zu bewegen, und beinhaltet Untereinheiten L11, L12 und L13, die jeweils der ersten bis sechsten Linsenfläche, der siebten bis elften Linsenfläche, und der zwölften bis vierzehnten Linsenfläche entsprechen. Die Untereinheit L11 mit positiver Brechkraft beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Positivlinse, eine Negativlinse und eine Positivlinse. Die Untereinheit L12 mit positiver Brechkraft beinhaltet eine Positivlinse und eine eine Positivlinse und eine Negativlinse beinhaltende gekittete Linse. Die Untereinheit L13 mit negativer Brechkraft beinhaltet eine eine Positivlinse und eine Negativlinse beinhaltende gekittete Linse. Die Untereinheit L13 wird in einer optischen Achsenrichtung bewegt, um Fokusanpassung durchzuführen. Die zweite Objektivereinheit L2 entspricht der fünfzehnten bis zweiundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Negativlinse, eine eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltende gekittete Linse und eine eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltende gekittete Linse. Die dritte Objektivereinheit L3 entspricht der dreiundzwanzigsten bis fünfunddreißigsten Linsenfläche, und beinhaltet eine negative gekittete Linse, die, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltet. Die jeweiligen Objektivereinheiten L2 und L3 werden in der optischen Achsenrichtung bewegt, um Zoomen durchzuführen. Die vierte Objektivereinheit L4 ist eine fixierte Einheit, und entspricht der siebenundzwanzigsten bis sechsundvierzigsten Linsenfläche. Die vierte Objektivereinheit L4 beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, zwei Positivlinsen, eine gekittete Linse, eine Positivlinse, eine gekittete Linse, eine Positivlinse und zwei gekittete Linsen. Eine asphärische Fläche wird für die fünfzehnte Fläche

verwendet. Die asphärische Fläche als fünfzehnte Fläche korrigiert die Variation in Bildfeldwölbung aufgrund Zoomens und die Variation in sphärischer Aberration auf einer Telefotoseite.

[0091] Zu den Bedingungsausdrücken in dieser Ausführungsform entsprechende Werte sind in Tabelle 1 gezeigt. In dieser numerischen Ausführungsform sind alle Bedingungsausdrücke erfüllt, um eine gute optische Leistung zu erreichen. Außerdem besitzt das Zoomobjektiv ein hohes Zoomverhältnis von 20 \times , und besitzt eine maximale Bildhöhe, die durch ein Produkt aus der Brennweite und dem Halbblickwinkel bestimmt ist, von 14,8 mm, um zu Großformatsensoren kompatibel zu sein.

[Ausführungsform 6]

[0092] Fig. 11 ist eine Linsenquerschnittsansicht am Weitwinkelende (Kurze Brennweite-Ende), wenn der Fokus auf einem Objekt im Unendlichen liegt, als Ausführungsform 6 des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung (die der Numerischen Ausführungsform 6 entspricht). Fig. 12A, Fig. 12B und Fig. 12C sind jeweils Aberrationsdiagramme in einem Zustand, in dem der Fokus im Unendlichen liegt: am Weitwinkelende, an einer Zoomposition mit einer Brennweite von 500 mm, und am Telefototende.

[0093] In Ausführungsform 6 sind eine erste bis vierte Objektivereinheit beschrieben. Die erste Objektivereinheit L1 ist konfiguriert, sich beim Zoomen nicht zu bewegen, und beinhaltet Untereinheiten L11 und L12, die jeweils der ersten bis achten Linsenfläche und der neunten bis zwölften Linsenfläche entsprechen. Die Untereinheit L11 mit positiver Brechkraft beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Positivlinse, eine Negativlinse, eine Positivlinse und eine Negativlinse. Die Untereinheit L12 mit positiver Brechkraft beinhaltet zwei Positivlinsen, und die Untereinheit L12 wird in einer optischen Achsenrichtung bewegt, um Fokusanpassung durchzuführen. Die zweite Objektivereinheit L2 entspricht der dreizehnten bis einundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Negativlinse, eine eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltende positive gekittete Linse, eine Negativlinse und eine Positivlinse. Die dritte Objektivereinheit L3 entspricht der zweiundzwanzigsten bis vierundzwanzigsten Linsenfläche, und beinhaltet eine negative gekittete Linse, die, in Reihenfolge von der Objektseite, eine Negativlinse und eine Positivlinse beinhaltet. Die jeweiligen Objektivereinheiten L2 und L3 werden in der optischen Achsenrichtung bewegt, um Zoomen durchzuführen. Die vierte Objektivereinheit L4 ist eine fixierte Einheit, und beinhaltet Untereinheiten L41 und L42, die jeweils der fünfundzwanzigsten bis achtundzwanzigsten Linsenfläche und der dreißigsten bis sechsundvierzigsten Linsenfläche entsprechen. Die Untereinheit L41 beinhaltet zwei Linsen. Die Untereinheit L42 beinhaltet, in Reihenfolge von der Objektseite, eine negative gekittete Linse, eine Positivlinse, eine negative gekittete Linse, eine Positivlinse, eine positive gekittete Linse, eine Negativlinse und eine Positivlinse. Asphärische Flächen werden für die dreizehnte Fläche und die sechsundzwanzigste Fläche verwendet. Die asphärische Fläche als dreizehnte Fläche korrigiert die Variation in Bildfeldwölbung aufgrund Zoomens und die Variation in sphärischer Aberration auf einer Telefotoseite. Die asphärische Fläche als sechsundzwanzigste Fläche unterdrückt die Variation in sphärischer Aberration aufgrund Zoomens und die Variation in Koma aufgrund des Feldwinkels auf der Weitwinkelseite.

[0094] Zu den Bedingungsausdrücken in dieser Ausführungsform entsprechende Werte sind in Tabelle 1 gezeigt. In dieser numerischen Ausführungsform sind alle Bedingungsausdrücke erfüllt, um eine gute optische Leistung zu erreichen. Außerdem besitzt das Zoomobjektiv ein hohes Zoomverhältnis von 18 \times , und besitzt eine maximale Bildhöhe, die durch ein Produkt aus der Brennweite und dem Halbblickwinkel bestimmt ist, von 15,9 mm, um zu Großformatsensoren kompatibel zu sein.

[0095] Als Nächstes ist eine Bildaufnahmevorrichtung beschrieben, die jedes oben beschriebene Zoomobjektiv als Bildaufnahme-Optiksystem verwendet. Fig. 13 ist ein schematisches Diagramm eines Hauptteils einer Bildaufnahmevorrichtung (Fernsehkamerasystem), die das Zoomobjektiv gemäß jeder Ausführungsform als Bildaufnahme-Optiksystem verwendet. In Fig. 13 ist ein Zoomobjektiv 101 irgendeines der Zoomobjektive nach Ausführungsformen 1 bis 6.

[0096] Das Zoomobjektiv 101 kann ablösbar auf einer Kamera 124 angebracht werden, um dadurch eine Bildaufnahmevorrichtung 125 aufzubauen. Das Zoomobjektiv 101 beinhaltet eine erste Objektivereinheit 114, einen Zoomabschnitt 115, der konfiguriert ist, sich beim Zoomen zu bewegen, und eine Objektivereinheit 116 zum Abbilden. Weiterhin beinhaltet das Zoomobjektiv 101 eine Aperturblende SP. Die Objektivereinheit 116, die konfiguriert ist, sich zum Zoomen nicht zu bewegen, beinhaltet ein Zoomoptiksystem IE, das einziehbar in einen Strahlengang einfügbar ist.

[0097] Der Zoomabschnitt **115** beinhaltet einen Antriebsmechanismus zum angetrieben werden in der optischen Achsenrichtung. Antriebseinheiten **117** und **118** wie z. B. Motoren treiben jeweils den Zoomabschnitt **115** und die Aperturblende SP elektrisch an. Man beachte, dass der Antriebsmechanismus hinzugefügt werden kann, um die gesamten Objektivseinheiten **114**, **115** und **116** oder einen Teil von jeder Objektivseinheit zum Fokussieren in der optischen Achsenrichtung zu bewegen. Detektoren **119** und **120** wie z. B. ein Encoder, ein Potentiometer oder ein Fotosensor detektieren Positionen der Objektivseinheiten im Zoomabschnitt **115** auf der optischen Achse sowie einen Blendendurchmesser der Aperturblende SP. Man beachte, dass Antriebsortskurven der Objektivseinheiten im Zoomabschnitt **115** mechanische Ortskurven durch eine Schraubenfläche, eine Nocke, oder dergleichen sein können, oder elektrische Ortskurven durch einen Ultraschallmotor oder dergleichen. Die Kamera **124** beinhaltet einen Glassblock **109**, der zu einem optischen Filter oder einem Farbseparationsprisma in der Kamera **124** äquivalent ist. Weiterhin beinhaltet die Kamera **124** ein Festkörper-Bildaufnahmeelement (Fotoelektrischer Signalgeber) **110** wie z. B. einen CCD-Sensor oder einen CMOS-Sensor, der ein durch das Zoomobjektiv **101** gebildetes Objektbild empfängt. Weiterhin steuern CPUs **111** und **122** jeweils das Antreiben der Kamera **124** und des Zoomobjektiv-Hauptkörpers **101**. Durch Anwenden des Zoomobjektivs gemäß der vorliegenden Erfindung auf eine wie oben beschriebene Fernsehkamera kann eine Bildaufnahmevorrichtung mit hoher optischer Leistung implementiert werden.

[0098] Die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind oben beschrieben, aber die vorliegende Erfindung ist nicht auf diese Ausführungsformen begrenzt und kann auf verschiedene Arten modifiziert und geändert werden.

[0099] Als Nächstes sind unten zu Ausführungsformen 1 bis 6 der vorliegenden Erfindung entsprechende Numerische Ausführungsformen 1 bis 6 gezeigt. In jeder der numerischen Ausführungsformen steht Symbol "i" für die Reihenfolge einer Fläche von der Objektseite aus, Symbol "ri" steht für einen Krümmungsradius einer i-ten Fläche von der Objektseite aus, Symbol "di" steht für einen Zwischenraum zwischen der i-ten und einer (i + 1)-ten Fläche von der Objektseite aus, und Symbole "ndi", "vdi" und "θgfi" stehen jeweils für einen Brechungsindex, eine Abbe-Zahl und eine relative Teildispersion eines Optikmaterials zwischen der i-ten und der (i + 1)-ten Fläche. Die Brennweite, die Blendenzahl (Apertur) und der Feldwinkel stehen für Werte, wenn der Fokus auf einem Objekt im Unendlichen liegt. Symbol BF ist ein Luftumwandlungswert eines Abstand von der letzten Fläche des Objektivs zur Bildebene. Eine Linse mit "Lrn1" angehängt ist die zu Lrn1 entsprechende Linse.

[0100] Man beachte, dass die asphärische Form durch den folgenden Ausdruck ausgedrückt wird:

$$X = (y^2/R)/\{1 + (1 - k \times y^2/R^2)^{0.5}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} + A12 \times y^{12}$$

wobei x für eine Koordinate in der optischen Achsenrichtung steht, y für eine Koordinate in einer Richtung senkrecht zur optischen Achse steht, R für einen Standard-Krümmungsradius steht, k für eine konische Konstante steht, und An für einen asphärischen Koeffizienten n-ter Ordnung steht, jeweils unter der Voraussetzung, dass "e - x" "× 10^{-x}" bedeutet. Man beachte, dass die Linsenflächen mit den asphärischen Flächen in den Tabellen mit Sternen (*) auf der rechten Seite von Oberflächennummern markiert sind.

[0101] Die Korrespondenz zwischen jeder der Ausführungsformen und jedem der obenerwähnten Bedingungsausdrücke ist in Tabelle 1 gezeigt.

(Numerische Ausführungsform 1)

Einheit ist mm

Flächen- nummer	r	d	nd	vd	θgF	Effektiver Durchmesser	Brennweite
1	167,44394	16,69659	1,487490	70,23	0,5300	128,571	320,606
2	-2.391,56563	1,00000	1,000000			127,764	
3	161,47873	3,40000	1,729157	54,68	0,5444	121,809	-416,496
4	104,64242	5,81162	1,000000			116,411	
5	117,88967	22,62538	1,433870	95,10	0,5373	116,095	211,164
6	-391,60210	1,50010	1,000000			114,868	
7	-307,05654	3,20000	1,729157	54,68	0,5444	114,617	-164,445
8	199,01437	16,83102	1,000000			110,818	
9	150,78054	17,56513	1,433870	95,10	0,5373	111,229	253,429
10	-395,42141	0,20000	1,000000			110,550	
11	152,54264	7,27275	1,433870	95,10	0,5373	104,480	868,100
12	252,24170	(Variabel)	1,000000			102,692	
13*	2.295,64046	1,20000	1,772499	49,60	0,5521	31,745	-38,698
14	29,64296	5,83845	1,000000			28,906	
15	-187,25197	1,00000	1,618000	63,33	0,5441	28,566	-43,751
16	31,80543	7,19712	1,720467	34,70	0,5834	28,192	32,556
17	-82,98689	3,15416	1,000000			28,138	
18	-36,10603	1,00000	1,618000	63,33	0,5441	28,021	-51,061
19	260,78998	0,20000	1,000000			29,165	
20	76,99555	3,35446	1,548141	45,79	0,5685	29,818	132,454
21	-1.377,60223	(Variabel)	1,000000			30,144	
22	-71,78747	1,00000	1,729157	54,68	0,5444	37,780	-68,259
23	165,58726	3,37974	1,846660	23,78	0,6205	39,405	170,317
24	-1.196,82852	(Variabel)	1,000000			40,026	
25	79,36430	8,21267	1,593490	67,00	0,5361	44,626	67,963
26*	-79,42798	1,00000	1,000000			44,832	
27	50,71519	8,64738	1,595220	67,74	0,5442	43,653	63,449
28	-140,40648	3,00000	1,000000			42,763	
29(Blende)	0,00000	3,00000	1,000000			38,257	
30	-141,89558	4,69597	1,438750	94,93	0,5343	36,487	147,217
31	-44,91276	1,20000	2,003300	28,27	0,5980	35,270	-29,573
32	90,82484	3,65553	1,000000			34,565	
33	43,43798	9,32967	1,567322	42,80	0,5730	35,577	46,947

34	-64,39554	4,51198	1,000000			34,912	
35	-390,35997	1,20000	2,001000	29,13	0,5997	30,082	-18,472
36	19,60515	8,60171	1,846660	23,78	0,6205	27,864	23,775
37	439,71049	47,72897	1,000000			27,338	
38	48,66936	3,46503	1,487490	70,23	0,5300	21,900	85,140
39	-281,83788	2,99930	1,000000			21,662	
40	-29,21073	1,00000	1,882997	40,76	0,5667	21,409	-16,261
41	29,02380	8,12846	1,717362	29,50	0,6048	22,778	23,868
42	-37,57145	4,17658	1,000000			24,194	
43	-25,14632	1,00000	1,959060	17,47	0,6599	24,658	-45,180 *Lm1
44	-60,00000	6,39192	1,805181	25,42	0,6161	26,354	45,784
45	-24,06214	(BF)	1,000000			28,380	

Asphärische Fläche Daten

Dreizehnte Fläche

K = 9,53097e+003

A4 = 2,13625e-006

A6 = 2,35842e-011

A8 = 1,78076e-012

A10 = -1,18626e-013

A12 = 9,20951e-016

A14 = -2,97982e-018

A16 = 3,62745e-021

Sechszwanzigste Fläche

K = -8,66996e-001

A4 = 6,94481e-007

A6 = 2,21641e-010

A8 = -8,94793e-013

A10 = 2,80403e-015

A12 = -2,73146e-018

A14 = -1,11047e-021

A16 = 2,79422e-024

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis 18,00

	Weitwinkel	Dazwischen	Telefoto
Brennweite	50,00	500,00	900,00
Blendenzahl	4,50	4,50	7,00
Halbblickwinkel	17,59	1,82	1,01
Bildhöhe	15,85	15,85	15,85
Gesamtoobjektivlänge	459,63	459,63	459,63
BF	54,45	54,45	54,45
d12	10,00	126,09	137,43
d21	134,83	3,41	10,89
d24	4,97	20,30	1,48
Position Eintrittspupille	173,71	1.408,01	2.213,08
Position Austrittspupille	-155,02	-155,02	-155,02
Position vorderer Hauptpunkt	211,77	714,52	-753,81
Position hinterer Hauptpunkt	4,45	-445,55	-845,55

Zoomobjektiveinheit Daten

Einheit	Erste Fläche	Brennweite	Länge Linsen- struktur	Position vorderer Hauptpunkt	Position hinterer Hauptpunkt
1	1	225,00	96,10	36,20	-45,03
2	13	-33,00	22,94	2,68	-13,88
3	22	-114,61	4,38	-0,25	-2,65
4	25	63,62	131,95	11,07	-161,85

(Numerische Ausführungsform 2)

Flächen- nummer	r	d	nd	vd	$\theta_g F$	Effektiver Durchmesser	Brennweite
1	272,82528	17,07189	1,433870	95,10	0,5373	141,566	413,887
2	-519,21540	0,70000	1,000000			141,021	
3	274,50255	17,99082	1,433870	95,10	0,5373	135,633	356,326
4	-348,90472	1,00394	1,000000			134,388	
5	-343,17738	4,00000	1,720467	34,70	0,5834	133,559	-322,961
6	741,83410	20,20032	1,000000			129,877	
7	267,51916	10,77461	1,433870	95,10	0,5373	121,427	566,463
8	-3.081,31909	0,20000	1,000000			120,199	
9	192,82253	11,47480	1,438750	94,93	0,5343	114,681	448,540
10	8.356,13805	2,50000	1,720467	34,70	0,5834	112,935	-1.428,832
11	921,96658	2,94687	1,000000			110,980	
12	1.979,81742	7,58160	1,761821	26,52	0,6135	109,380	458,946
13	-428,50021	2,20000	1,618000	63,33	0,5441	107,840	-259,431
14	258,23411	(Variabel)	1,000000			102,255	
15*	-391,62593	1,80000	1,816000	46,62	0,5568	50,370	-71,935
16	69,60675	7,24201	1,000000			46,594	
17	2.944,28669	9,40860	1,720467	34,70	0,5834	45,034	57,215
18	-42,03960	1,50000	1,595220	67,74	0,5442	44,198	-70,364
19	179.161,25449	1,50000	1,000000			40,970	
20	-155,99378	1,50000	1,595220	67,74	0,5442	40,864	-76,593
21	64,96898	0,10000	1,000000			39,079	
22	52,10475	5,18184	1,720467	34,70	0,5834	38,978	80,254
23	475,67679	3,90750	1,000000			38,266	
24	-61,79814	1,40000	1,595220	67,74	0,5442	37,915	-65,991
25	109,76477	(Variabel)	1,000000			37,163	
26	106,27334	7,94842	1,618000	63,33	0,5441	47,252	75,337
27	-81,02652	0,04492	1,000000			47,302	
28	-84,32407	1,50000	1,834000	37,16	0,5775	47,232	-90,626
29*	782,89559	0,20000	1,000000			47,688	
30	97,05428	6,71215	1,496999	81,54	0,5374	48,384	133,735
31	-207,97073	(Variabel)	1,000000			48,369	
32*	94,03572	7,03257	1,487490	70,23	0,5300	47,567	106,365
33	-113,60659	0,20000	1,000000			47,164	
34	348,44336	1,50000	1,720467	34,70	0,5834	45,220	-128,784
35	73,53437	0,20000	1,000000			43,670	

DE 10 2015 010 705 B4 2017.09.21

36	71,73173	5,53351	1,496999	81,54	0,5374	43,612	127,836
37	-555,89638	(Variabel)	1,000000			43,011	
38(Blende)	0,00000	4,42388	1,000000			31,361	
39	227,91443	1,40000	1,882997	40,76	0,5667	28,543	-53,086
40	38,95368	0,50000	1,000000			27,311	
41	37,49735	5,63362	1,805181	25,42	0,6161	27,296	33,573
42	-93,41171	0,50000	1,000000			26,539	
43	-87,80748	1,50000	1,910820	35,25	0,5824	26,064	-35,753
44	52,74342	33,00000	1,000000			24,824	
45	158,72918	5,15830	1,496999	81,54	0,5374	24,854	77,846
46	-50,80215	4,18171	1,000000			24,974	
47	-92,90888	1,50000	1,882997	40,76	0,5667	23,990	-26,521
48	31,79377	6,08428	1,603420	38,03	0,5835	24,077	43,217
49	-139,36936	0,50000	1,000000			24,611	
50	251,80189	3,88216	1,846660	23,78	0,6205	24,832	109,662
51	-148,33615	1,50000	2,102050	16,77	0,6721	24,960	-163,647 *Lm1
52	-789,97540	(BF)	1,000000			25,071	

Asphärische Fläche Daten

Fünfzehnte Fläche

$$K = -5,04250e+001$$

$$A4 = 1,14678e-007$$

$$A6 = 1,32623e-011$$

$$A8 = 7,90849e-014$$

$$A10 = -2,23909e-016$$

$$A12 = 4,98827e-020$$

Neunundzwanzigste Fläche

$$K = 7,91285e+002$$

$$A4 = 2,14195e-007$$

$$A6 = -1,17812e-010$$

$$A8 = -2,37195e-013$$

$$A10 = 8,76890e-016$$

$$A12 = -1,32567e-018$$

Zweiunddreißigste Fläche

$$K = -3,37473e+000$$

$$A4 = -4,15778e-007$$

$$A6 = -5,64958e-010$$

$$A8 = 1,67442e-012$$

$$A10 = -2,28456e-015$$

$$A12 = 1,15323e-018$$

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis 25,00

	Weitwinkel	Dazwischen	Telefoto
Brennweite	50,00	500,00	1.250,00
Blendenzahl	4,50	4,50	9,00
Halbblickwinkel	16,17	1,66	0,66
Bildhöhe	14,50	14,50	14,50
Gesamtoobjektivlänge	497,77	497,77	497,77
BF	70,00	70,00	70,00
d14	5,00	120,14	136,66
d25	171,01	52,49	3,00
d31	17,20	3,27	50,56

d37	1,74	19,06	4,74
Position Eintrittspupille	203,45	1.866,90	5.171,56
Position Austrittspupille	-60,75	-60,75	-60,75
Position vorderer Hauptpunkt	234,33	454,86	-5.528,65
Position hinterer Hauptpunkt	20,00	-430,00	-1.180,00

Zoomobjektiveinheit Daten

Einheit	Erste Fläche	Brennweite	Länge Linsenstruktur	Position vorderer Hauptpunkt	Position hinterer Hauptpunkt
1	1	255,31	98,64	6,55	-65,77
2	15	-32,99	33,54	11,37	-10,13
3	26	102,26	16,41	3,86	-6,80
4	32	105,81	14,47	2,52	-7,26
5	38	-82,53	69,76	4,87	-56,15

(Numerische Ausführungsform 3)

Einheit ist mm

Flächen- nummer	r	d	nd	vd	θgF	Effektiver Durchmesser	Brennweite
1	406,47878	12,28861	1,433870	95,10	0,5373	100,000	308,484
2	-198,46029	0,34154	1,000000			99,788	
3	-194,28909	2,50000	2,001000	29,13	0,5997	99,715	-481,597
4	-325,78889	8,56027	1,000000			100,231	
5	228,52906	10,75537	1,433870	95,10	0,5373	98,232	340,623
6	-415,26134	0,20000	1,000000			97,698	
7	142,21165	12,21295	1,438750	94,93	0,5343	93,156	261,116
8	-581,34773	2,40000	1,834000	37,16	0,5775	91,883	-664,564
9	13.786,83743	1,00000	1,000000			90,389	
10	649,59069	6,97574	1,800000	29,84	0,6017	88,779	274,774
11	-334,63068	2,30000	1,772499	49,60	0,5521	87,707	-183,599
12	248,96997	(Variabel)	1,000000			83,949	
13	-176,57144	1,20000	1,816000	46,62	0,5568	38,189	-49,181
14	52,44003	5,46088	1,000000			35,856	
15	-77,53595	1,20000	1,496999	81,54	0,5374	35,815	-138,930
16	651,37425	0,10000	1,000000			35,911	
17	96,94892	6,78477	1,720467	34,70	0,5834	36,015	44,434
18	-46,86382	1,20000	1,496999	81,54	0,5374	35,832	-59,561
19	81,69754	0,10000	1,000000			34,058	
20	54,74915	2,19243	1,720467	34,70	0,5834	33,865	287,716
21	72,96934	3,97129	1,000000			33,317	
22	-76,14663	1,20000	1,496999	81,54	0,5374	33,250	-113,412
23	220,59591	(Variabel)	1,000000			33,653	
24	272,41520	5,26800	1,516330	64,14	0,5352	38,839	100,505
25	-63,97552	0,30574	1,000000			39,127	
26	-61,94578	1,00000	1,720467	34,70	0,5834	39,119	-105,105
27*	-332,60285	0,20000	1,000000			40,040	
28	155,71348	6,24851	1,438750	94,93	0,5343	40,813	115,955
29	-74,91632	(Variabel)	1,000000			41,162	
30	73,79566	5,86860	1,438750	94,93	0,5343	41,149	127,104
31	-225,03431	0,20000	1,000000			40,793	
32	56,75811	1,00000	1,720467	34,70	0,5834	39,222	-94,933
33	30,88313	7,76164	1,516330	64,14	0,5352	37,322	65,004

34	339,04349	(Variabel)	1,000000			36,572	
35(Blende)	0,00000	2,53478	1,000000			27,168	
36	-148,62489	1,00000	1,882997	40,76	0,5667	26,136	-34,073
37	38,11916	5,40036	1,728250	28,46	0,6077	25,439	36,901
38	-88,08198	1,50000	1,000000			25,116	
39	-1.083,58790	1,20000	1,834807	42,73	0,5648	24,013	-89,920
40	81,17695	0,50000	1,000000			23,500	
41	26,98567	3,50000	1,717362	29,50	0,6048	23,056	90,708
42	43,35382	4,21362	1,000000			21,895	
43	56,98534	1,30000	1,882997	40,76	0,5667	20,633	-73,386
44	30,07709	16,94298	1,000000			20,129	
45	33,57792	3,47509	1,438750	94,93	0,5343	23,117	91,084
46	200,86452	1,00000	1,834807	42,73	0,5648	22,933	-41,478
47	29,60714	10,00000	1,000000			22,620	
48	117,95528	1,00000	1,808095	22,76	0,6307	27,256	-49,074 *Lrn I
49	29,79331	8,00000	1,739998	28,30	0,6078	27,922	43,692
50	306,18726	7,24615	1,000000			29,065	
51	48,17819	6,12129	1,516330	64,14	0,5352	34,000	70,260
52	-142,62868	(BF)	1,000000			34,088	

Asphärische Fläche Daten

Siebenundzwanzigste Fläche

K = 1,41981e+002

A4 = 8,95585e-007

A6 = 5,44963e-010

A8 = -6,93086e-013

A10 = 2,14094e-015

A12 = -9,49646e-019

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis 10,00

	Weitwinkel	Dazwischen	Telefoto
Brennweite	50,00	99,70	500,00
Blendenzahl	4,00	4,00	5,00
Halbblickwinkel	17,28	8,86	1,78
Bildhöhe	15,55	15,55	15,55
Gesamtoobjektivlänge	381,24	381,24	381,24
BF	50,03	50,03	50,03
d12	3,44	47,19	112,80
d23	100,00	60,95	1,66
d29	39,54	25,39	11,84
d34	2,49	11,95	19,17
Position Eintrittspupille	115,88	261,72	1.314,02
Position Austrittspupille	-140,35	-140,35	-140,35
Position vorderer Hauptpunkt	152,75	309,21	500,88
Position hinterer Hauptpunkt	0,03	-49,67	-449,97

Zoomobjektiveinheit Daten

Einheit	Erste Fläche	Brennweite	Länge Linsen- struktur	Position vorderer Hauptpunkt	Position hinterer Hauptpunkt
1	1	205,00	59,53	9,48	-31,61
2	13	-34,50	23,41	4,95	-11,28
3	24	110,50	13,02	6,46	-2,56
4	30	80,00	14,83	1,23	-8,68
5	35	-669,42	74,93	-291,44	-656,50

(Numerische Ausführungsform 4)

Einheit ist mm

Flächen- nummer	r	d	nd	vd	0gF	Effektiver Durchmesser	Brennweite
1	168,17152	16,79129	1,487490	70,23	0,5300	128,571	318,275
2	-2,027,74956	1,00000	1,000000			127,768	
3	161,25029	3,40000	1,729157	54,68	0,5444	21,704	-419,290
4	104,78570	5,73864	1,000000			116,320	
5	117,63255	22,65980	1,433870	95,10	0,5373	115,983	210,243
6	-386,82440	1,50000	1,000000			114,749	
7	-306,41329	3,20000	1,729157	54,68	0,5444	114,458	-162,717
8	195,85783	16,91749	1,000000			110,563	
9	151,52542	17,60916	1,433870	95,10	0,5373	110,936	253,550
10	-390,92250	0,20000	1,000000			110,230	
11	144,45426	6,74312	1,433870	95,10	0,5373	103,945	867,749
12	230,70811	(Variabel)	1,000000			102,395	
13*	-61,445,90829	1,20000	1,772499	49,60	0,5521	31,641	-38,466
14	29,87274	5,79166	1,000000			28,842	
15	-179,50273	1,00000	1,618000	63,33	0,5441	28,516	-43,497
16	31,82389	7,23979	1,720467	34,70	0,5834	28,173	32,279
17	-80,13943	3,07785	1,000000			28,187	
18	-36,54541	1,00000	1,618000	63,33	0,5441	28,068	-52,256
19	289,89472	0,20000	1,000000			29,176	
20	75,96714	2,97040	1,548141	45,79	0,5685	29,841	141,151
21	32,28,06212	(Variabel)	1,000000			30,098	
22	-72,55380	1,00000	1,729157	54,68	0,5444	37,866	-68,793
23	165,80530	3,37707	1,846660	23,78	0,6205	39,477	171,404
24	-1,250,63076	(Variabel)	1,000000			40,094	
25	79,33529	8,19359	1,593490	67,00	0,5361	44,670	68,297
26*	-80,26509	1,00000	1,000000			44,873	
27	51,55331	8,57225	1,595220	67,74	0,5442	43,700	64,179
28	-140,21768	3,00000	1,000000			42,825	
29(Blinde)	0,00000	3,00000	1,000000			38,364	
30	-142,11332	4,76757	1,438750	94,93	0,5343	36,620	146,427
31	-44,77462	1,20000	2,003300	28,27	0,5980	35,396	-29,204
32	88,03518	3,38000	1,000000			34,719	
33	43,52369	9,39948	1,567322	42,80	0,5730	35,831	47,019

34	-64,41710	4,56178	1,000000			35,214	
35	-388,52623	1,20000	2,001000	29,13	0,5997	30,486	-18,820
36	19,99814	9,24405	1,846660	23,78	0,6205	28,326	23,896
37	741,61470	47,48669	1,000000			27,753	
38	49,57313	3,43801	1,487490	70,23	0,5300	21,934	86,702
39	-286,82028	3,00000	1,000000			21,697	
40	-32,72213	1,00000	1,882997	40,76	0,5667	21,395	-17,136
41	28,86193	7,77589	1,717362	29,50	0,6048	22,471	24,634
42	-41,26782	4,25931	1,000000			23,682	
43	-25,23172	1,00000	1,922860	18,90	0,6495	24,053	-47,262 *Lrnl
44	-60,00000	6,51963	1,755199	27,51	0,6103	25,577	49,857
45	-24,34832	(BF)	1,000000			27,670	

Asphärische Fläche Daten

Dreizehnte Fläche

K = -3,48919e+007

A4 = 2,17488e-006

A6 = 3,54954e-011

A8 = 2,85487e-012

A10 = -1,19682e-013

A12 = 9,06744e-016

A14 = -2,93122e-018

A16 = 3,59320e-021

Sechszwanzigste Fläche

K = -8,31103e-001

A4 = 6,85381e-007

A6 = 2,10481e-010

A8 = -9,00798e-013

A10 = 2,80534e-015

A12 = -2,73219e-018

A14 = -1,12925e-021

A16 = 2,81156e-024

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis 18,00

	Weitwinkel	Dazwischen	Telefoto
Brennweite	50,00	500,00	900,00
Blendenzahl	4,50	4,50	7,00
Halbblickwinkel	17,59	1,82	1,01
Bildhöhe	15,85	15,85	15,85
Gesamtoobjektivlänge	460,00	460,00	460,00
BF	55,00	55,00	55,00
d12	10,00	126,17	137,50
d21	135,42	3,73	11,39
d24	4,97	20,48	1,50
Position Eintrittspupille	173,35	1.408,49	2.214,03
Position Austrittspupille	-139,41	-139,41	-139,41
Position vorderer Hauptpunkt	210,49	622,53	-1.052,50
Position hinterer Hauptpunkt	5,00	-445,00	-845,00

Zoomobjektiveinheit Daten

Einheit	Erste Fläche	Brennweite	Länge Linsenstruktur	Position vorderer Hauptpunkt	Position hinterer Hauptpunkt
1	1	225,00	95,76	36,05	-45,00
2	13	-33,00	22,48	2,63	-13,59
3	22	-115,61	4,38	-0,24	-2,64
4	25	60,37	132,00	6,15	-149,71

(Numerische Ausführungsform 5)

Flächen- nummer	r	d	nd	vd	$\theta_g F$	Effektiver Durchmesser	Brennweite
1	173,09677	17,19123	1,433870	95,10	0,5373	142,857	433,111
2	2.068,61703	0,20000	1,000000			142,054	
3	178,37783	5,00000	1,654115	39,70	0,5737	137,486	-882,481
4	134,94202	2,65879	1,000000			132,782	
5	154,39674	14,72328	1,433870	95,10	0,5373	132,747	437,323
6	796,17585	16,96519	1,000000			131,743	
7	325,78028	7,55886	1,433870	95,10	0,5373	121,692	772,440
8	10.655,46140	0,20000	1,000000			120,450	
9	197,67721	13,58096	1,438750	94,93	0,5343	114,517	343,828
10	-630,19108	5,00000	1,834000	37,16	0,5775	112,792	-536,012
11	1.578,12385	3,00000	1,000000			108,834	
12	-4.824,61806	6,01458	1,808095	22,76	0,6307	107,347	442,254
13	-336,11859	5,00000	1,737999	32,26	0,5899	106,463	-241,676
14	388,43363	(Variabel)	1,000000			100,693	
15*	171,18315	1,20000	1,772499	49,60	0,5521	40,175	-58,428
16	35,74372	5,81769	1,000000			36,306	
17	1.220,06047	1,00000	1,618000	63,33	0,5441	35,755	-48,930
18	29,60664	8,08793	1,720467	34,70	0,5834	33,642	42,738
19	582,39152	4,47557	1,000000			32,403	
20	-34,42943	1,00000	1,496999	81,54	0,5374	32,238	-54,498
21	129,98076	2,53906	1,720467	34,70	0,5834	32,008	170,598
22	-2.559,87336	(Variabel)	1,000000			31,910	
23	-77,96339	1,00000	1,754998	52,32	0,5476	30,067	-63,360
24	125,95540	2,50617	1,854780	24,80	0,6121	30,978	141,962
25	-4.422,77254	(Variabel)	1,000000			31,338	
26(Blende)	0,00000	(Variabel)	1,000000			39,838	
27	138,47897	5,73050	1,589130	61,14	0,5406	41,136	99,087
28	-100,03548	0,20000	1,000000			41,452	
29	101,56964	6,91085	1,487490	70,23	0,5300	41,452	91,887
30	-78,82238	0,20000	1,000000			41,174	
31	62,40640	9,55685	1,438750	94,93	0,5343	38,231	65,553
32	-51,08972	1,20000	1,882997	40,76	0,5667	36,510	-31,628
33	63,08850	0,20000	1,000000			35,092	
34	32,64597	6,28516	1,589130	61,14	0,5406	35,485	67,626

35	164,93864	18,61837	1,000000			34,734	
36	-1.766,20608	1,20000	2,001000	29,13	0,5997	26,634	-19,793
37	20,20907	6,79907	1,805181	25,42	0,6161	25,921	24,585
38	-1.486,97393	50,00000	1,000000			26,014	
39	134,29451	3,32714	1,516330	64,14	0,5352	29,513	159,186
40	-212,08959	3,00000	1,000000			29,452	
41	487,64832	7,01423	1,728250	28,46	0,6077	29,010	31,735
42	-24,32290	1,00000	1,882997	40,76	0,5667	28,817	-28,987
43	-449,05111	6,50329	1,000000			29,010	
44	-27,14461	1,00000	1,959060	17,47	0,6599	29,034	-56,615 *LmI
45	-54,54720	4,85501	1,805181	25,42	0,6161	30,826	60,651
46	-26,92517	(BF)	1,000000			31,929	

Asphärische Fläche Daten

Fünfzehnte Fläche

K = 4,62445e+000

A4 = 1,02225e-006

A6 = 1,07712e-010

A8 = -1,23696e-012

A10 = 1,27284e-014

A12 = -4,13160e-017

A14 = 7,08727e-020

A16 = -4,66537e-023

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis 20,00

	Weitwinkel	Dazwischen	Telefoto
Brennweite	50,00	500,00	1.000,00
Blendenzahl	4,50	4,50	7,00
Halbblickwinkel	16,49	1,70	0,85
Bildhöhe	14,80	14,80	14,80
Gesamtoobjektivlänge	455,49	455,49	455,49
BF	52,00	52,00	52,00
d14	1,00	111,36	123,12
d22	123,57	2,60	19,59
d25	19,20	29,81	1,06

Position Eintrittspupille	190,31	1.566,42	2.467,29
Position Austrittspupille	-172,68	-172,68	-172,68
Position vorderer Hauptpunkt	229,19	953,73	-983,50
Position hinterer Hauptpunkt	2,00	-448,00	-948,00

Zoomobjektiveinheit Daten

Einheit	Erste Fläche	Brennweite	Länge Linsenstruktur	Position vorderer Hauptpunkt	Position hinterer Hauptpunkt
1	1	240,00	97,09	-5,50	-72,14
2	15	-34,10	24,12	6,86	-10,02
3	23	-115,00	3,51	-0,10	-2,01
4	26	69,81	135,00	14,68	-154,09

(Numerische Ausführungsform 6)

Flächen- nummer	r	d	nd	vd	θgF	Effektiver Durchmesser	Brennweite
1	168,12614	16,76377	1,487490	70,23	0,5300	128,571	318,920
2	-2.091,86807	1,00000	1,000000			127,767	
3	160,79591	3,40000	1,729157	54,68	0,5444	121,714	-422,245
4	104,84141	5,77002	1,000000			116,348	
5	117,90742	22,60059	1,433870	95,10	0,5373	116,007	210,895
6	-389,17455	1,50000	1,000000			114,772	
7	-306,38566	3,20000	1,729157	54,68	0,5444	114,504	-162,146
8	194,74715	16,92373	1,000000			110,604	
9	150,79126	18,11204	1,433870	95,10	0,5373	11,052	251,833
10	-385,80019	0,20000	1,000000			10,267	
11	147,11699	6,74029	1,433870	95,10	0,5373	04,029	868,168
12	237,66696	(Variabel)	1,000000			02,487	
13*	-3.263,15805	1,20000	1,772499	49,60	0,5521	31,396	-39,163
14	30,68975	5,66651	1,000000			28,701	
15	-170,60120	1,00000	1,618000	63,33	0,5441	28,353	-43,166
16	31,83400	7,14433	1,720467	34,70	0,5834	27,983	32,453
17	-81,83674	3,07345	1,000000			27,626	
18	-36,09544	1,00000	1,618000	63,33	0,5441	27,185	-49,966
19	221,67586	0,20000	1,000000			28,287	
20	82,48216	3,02161	1,548141	45,79	0,5685	28,826	127,629
21	-470,77061	(Variabel)	1,000000			29,131	
22	-71,38988	1,00000	1,729157	54,68	0,5444	37,644	-67,436
23	161,17426	3,38892	1,846660	23,78	0,6205	39,279	168,322
24	-1.331,54098	(Variabel)	1,000000			39,900	
25	79,58805	8,40792	1,593490	67,00	0,5361	44,477	65,727
26*	-74,00677	1,00000	1,000000			44,689	
27	51,42027	8,46382	1,595220	67,74	0,5442	43,289	63,987
28	-139,72405	3,00000	1,000000			42,389	
29(Blende)	0,00000	3,00000	1,000000			37,849	
30	-121,77540	4,96980	1,438750	94,93	0,5343	36,232	156,629
31	-44,54922	1,20000	2,003300	28,27	0,5980	34,760	-28,555
32	83,29495	2,38719	1,000000			34,078	
33	43,57564	8,20549	1,567322	42,80	0,5730	34,998	46,939
34	-64,70874	4,23524	1,000000			34,598	
35	-360,69422	1,20000	2,001000	29,13	0,5997	30,457	-19,858

36	21,25323	8,99968	1,846660	23,78	0,6205	28,552	24,893
37	11.639,63044	50,00000	1,000000			28,016	
38	66,26537	2,72599	1,487490	70,23	0,5300	21,479	163,228
39	384,41465	3,20471	1,000000			21,310	
40	-29,80871	1,00000	1,882997	40,76	0,5667	21,200	-24,698
41	84,35944	5,62751	1,717362	29,50	0,6048	22,310	46,449
42	-54,24447	2,36812	1,000000			23,595	
43	-98,21170	1,00000	1,959060	17,47	0,6599	24,454	-49,031 *Lrn I
44	93,02995	3,00000	1,000000			25,170	
45	135,54853	8,69930	1,805181	25,42	0,6161	27,734	38,292
46	-39,22808	(BF)	1,000000			29,561	

Asphärische Fläche Daten

Dreizehnte Fläche

K = -1,47298e+004	A4 = 2,06990e-006	A6 = 1,37511e-010
A8 = 2,66079e-012	A10 = -1,27210e-013	A12 = 9,21984e-016
A14 = -2,74030e-018	A16 = 3,05848e-021	

Sechszwanzigste Fläche

K = -7,89368e-001	A4 = 6,71375e-007	A6 = 1,90626e-010
A8 = -8,63493e-013	A10 = 2,80709e-015	A12 = -2,82637e-018
A14 = -1,26676e-021	A16 = 3,01967e-024	

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis 18,00

	Weitwinkel	Dazwischen	Telefoto
Brennweite	50,00	500,00	900,00
Blendenzahl	4,50	4,50	7,00
Halbblickwinkel	17,59	1,82	1,01
Bildhöhe	15,85	15,85	15,85
Gesamtobjektivlänge	460,00	460,00	460,00
BF	55,00	55,00	55,00

d12	10,00	126,09	137,49
d21	134,47	3,15	10,41
d24	4,93	20,16	1,50

Position Eintrittspupille	173,77	1.398,03	2.193,81
Position Austrittspupille	-194,87	-194,87	-194,87
Position vorderer Hauptpunkt	213,76	897,52	-147,82
Position hinterer Hauptpunkt	5,00	-445,00	-845,00

Zoomobjektiveinheit Daten

Einheit	Erste Fläche	Brennweite	Länge Linsenstruktur	Position vorderer Hauptpunkt	Position hinterer Hauptpunkt
1	1	225,00	96,21	36,49	-45,00
2	13	-33,00	22,31	2,65	-13,48
3	22	-113,18	4,39	-0,22	-2,63
4	25	71,79	132,69	23,20	-190,10

Tabelle 1

		Ausführungsform					
		1	2	3	4	5	6
Brennweite an Weitwinkelende: fw		50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Brennweite an Telefotende: ft		900,00	1.250,00	500,00	900,00	1.000,00	900,00
Halbblickwinkel an Weitwinkelende: ω_w		17,59	16,17	17,28	17,59	16,49	17,59
Brennweite von erster Objektiveinheit: f1		225,00	255,31	205,00	225,00	240,00	225,00
Brennweite von zweiter Objektiveinheit: f2		-33,00	-32,99	-34,50	-33,00	-34,10	-33,00
Brennweite von dritter Objektiveinheit: f3		-114,61	102,26	110,50	-115,61	-115,00	-113,18
Brennweite von vierter Objektiveinheit: f4		63,62	105,81	80,00	60,37	69,81	71,79
Brennweite von fünfter Objektiveinheit: f5		-	-82,53	-669,42	-	-	-
Gesamtobjektivlänge: TD		405,18	427,77	331,21	405,00	403,49	405,00
Abstand von Blende zu Lrn1: Drn1		103,69	68,26	52,57	103,71	127,75	99,12
Bedingungsdruck (1)	$(\theta_{gf2p} - \theta_{gf2n}) / (v_{2p} - v_{2n})$	-1,58E-03	-1,30E-03	-1,08E-03	-1,58E-03	-1,29E-03	-1,58E-03
Bedingungsdruck (2)	$\Delta\theta_{gf}$	0,0465	0,0577	0,0260	0,0385	0,0465	0,0465
Bedingungsdruck (3)	Drn1/TD	0,2559	0,1596	0,1587	0,2561	0,3166	0,2447
Bedingungsdruck (4)	θ_{gfrn1}	0,6598	0,6721	0,6307	0,6495	0,6598	0,6598
Bedingungsdruck (5)	$(\theta_{gf1p} - \theta_{gf1n}) / (v_{1p} - v_{1n})$	-2,61E-04	-4,95E-04	-5,93E-04	-2,60E-04	-5,60E-04	-2,61E-04
Bedingungsdruck (6)	f1/f2	-6,8182	-7,7390	-5,9420	-6,8182	-7,0381	-6,8182

Bedin- gungsaus- druck (7)	ft/f1	4,0	4,9	2,4	4,0	4,2	4,0
Bedin- gungsaus- druck (8)	vdrn1	17,47	16,77	22,76	18,90	17,47	17,47
Bedin- gungsaus- druck (9)	($\theta_{gfrp1} - \theta_{gfrn1}$) / ($v_{drp1} - v_{drn1}$)	-5,51E-03	-7,36E-03	-4,13E-03	-4,55E-03	-5,51E-03	-

[0102] Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Ausführungsformen beschrieben worden ist, ist selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsformen begrenzt ist. Dem Umfang der folgenden Ansprüche soll die weitestgehende Interpretation zugestanden werden, sodass alle solchen Modifikationen und äquivalenten Strukturen und Funktionen erfasst sind.

Patentansprüche

1. Zoomobjektiv umfassend:

eine erste Objektivereinheit mit positiver Brechkraft, die sich zum Zoomen nicht bewegt;

eine zweite Objektivereinheit mit negativer Brechkraft, die sich beim Zoomen bewegt;

mindestens eine weitere Objektivereinheit, die sich beim Zoomen als mindestens eine dritte Objektivereinheit bewegt;

eine am Nächsten zu einer Bildseite befindliche hinterste Objektivereinheit, die sich zum Zoomen nicht bewegt, wobei die erste Objektivereinheit, die zweite Objektivereinheit, die mindestens eine weitere Objektivereinheit, und die hinterste Objektivereinheit in der angegebenen Reihenfolge von einer Objektseite zur Bildseite hin angeordnet sind; sowie

eine Aperturblende, die auf der Bildseite der zweiten Objektivereinheit angeordnet ist,

wobei die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$-2,00 \times 10^{-3} < (\theta_{gf2p} - \theta_{gf2n}) / (v_{d2p} - v_{d2n}) < -0,80 \times 10^{-3};$$

$$0,0180 < \Delta\theta_{gfrn1} < 0,070;$$

und

$$0,10 < Drn1/TD < 0,40,$$

wobei v_{d2p} und v_{d2n} jeweils für Durchschnittswerte von Abbe-Zahlen von die zweite Objektivereinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen stehen, θ_{gf2p} und θ_{gf2n} jeweils für Durchschnittswerte von relativen Teildispersionen der die zweite Objektivereinheit bildenden Positivlinsen und Negativlinsen stehen, $\Delta\theta_{gfrn1}$ für anormale Dispersion einer Linse mit einer kleinsten Abbe-Zahl aus die hinterste Objektivereinheit bildenden Negativlinsen steht, TD für einen Abstand auf einer optischen Achse von einer Oberflächenscheitelposition einer am Nächsten zur Objektseite des Zoomobjektivs gelegenen Linsenfläche zu einer Oberflächenscheitelposition einer am Nächsten zur Bildseite des Zoomobjektivs gelegenen Linsenfläche steht, und Drn1 für einen Abstand zwischen der Aperturblende und der Linse mit der kleinsten Abbe-Zahl an einem Weitwinkelende des Zoomobjektivs steht,

unter der Voraussetzung, dass:

eine Abbe-Zahl vd ausgedrückt wird als:

$$vd = (Nd - 1) / (NF - NC),$$

wobei NF für einen Brechungsindex bezüglich einer F-Linie steht, Nd für einen Brechungsindex bezüglich einer d-Linie steht, und NC für einen Brechungsindex bezüglich einer C-Linie steht, eine relative Teildispersion θ_{gf} ausgedrückt wird als:

$$\theta_{gf} = (Ng - NF) / (NF - NC),$$

wobei Ng für einen Brechungsindex bezüglich einer g-Linie steht, und

eine anomale Dispersion $\Delta\theta_{gf}$ mittels der relativen Teildispersion θ_{gf} und der Abbe-Zahl v_d ausgedrückt wird als:

$$\Delta\theta_{gf} = \theta_{gf} - (-1,6220 \times 10^{-3} \times v_d + 0,6416).$$

2. Zoomobjektiv nach Anspruch 1,
wobei die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$0,62 < \theta_{gfrn1} < 0,70,$$

wobei θ_{gfrn1} für eine relative Teildispersion der Linse mit der kleinsten Abbe-Zahl von den die hinterste Objektiveneinheit bildenden Negativlinsen steht.

3. Zoomobjektiv nach Anspruch 1 oder 2,
wobei die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$-7,0 \times 10^{-4} < (\theta_{gf1p} - \theta_{gf1n})/(v_{1p} - v_{1n}) < -2,0 \times 10^{-4},$$

wobei v_{1p} und θ_{gf1p} jeweils für einen Durchschnittswert von Abbe-Zahlen und einen Durchschnittswert von relativen Teildispersionen von die erste Objektiveneinheit bildenden Positivlinsen stehen, und v_{1n} und θ_{gf1n} jeweils für einen Durchschnittswert von Abbe-Zahlen und einen Durchschnittswert von relativen Teildispersionen von die erste Objektiveneinheit bildenden Negativlinsen stehen.

4. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
wobei die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$-8,50 < f_1/f_2 < -4,00,$$

wobei f_1 für eine Brennweite der ersten Objektiveneinheit steht, und f_2 für eine Brennweite der zweiten Objektiveneinheit steht.

5. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
wobei die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$2,0 < f_t/f_1 < 5,5,$$

wobei f_t für eine Brennweite an einem Telefotoende des Zoomobjektivs steht, und f_1 für eine Brennweite der ersten Objektiveneinheit steht.

6. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
wobei die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$14 < v_{drn1} < 24,$$

wobei v_{drn1} für eine Abbe-Zahl der Linse mit der kleinsten Abbe-Zahl von den die hinterste Objektiveneinheit bildenden Negativlinsen steht.

7. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
wobei die Linse mit der kleinsten Abbe-Zahl von den die hinterste Objektiveneinheit bildenden Negativlinsen mit einer Positivlinse verkittet ist, und
wobei die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$-8,40 \times 10^{-3} < (\theta_{gfrp1} - \theta_{gfrn1})/(v_{drp1} - v_{drn1}) < -3,50 \times 10^{-3},$$

wobei v_{drn1} und θ_{gfrn1} jeweils für eine Abbe-Zahl und eine relative Teildispersion der Linse mit der kleinsten Abbe-Zahl stehen, und v_{drp1} und θ_{gfrp1} jeweils für eine Abbe-Zahl und eine relative Teildispersion der einen Positivlinse stehen.

8. Bildaufnahmeverrichtung umfassend:
das Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 7; sowie

ein Festkörper-Bildaufnahmeelement, das konfiguriert ist, ein durch das Zoomobjektiv gebildetes Bild zu empfangen.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

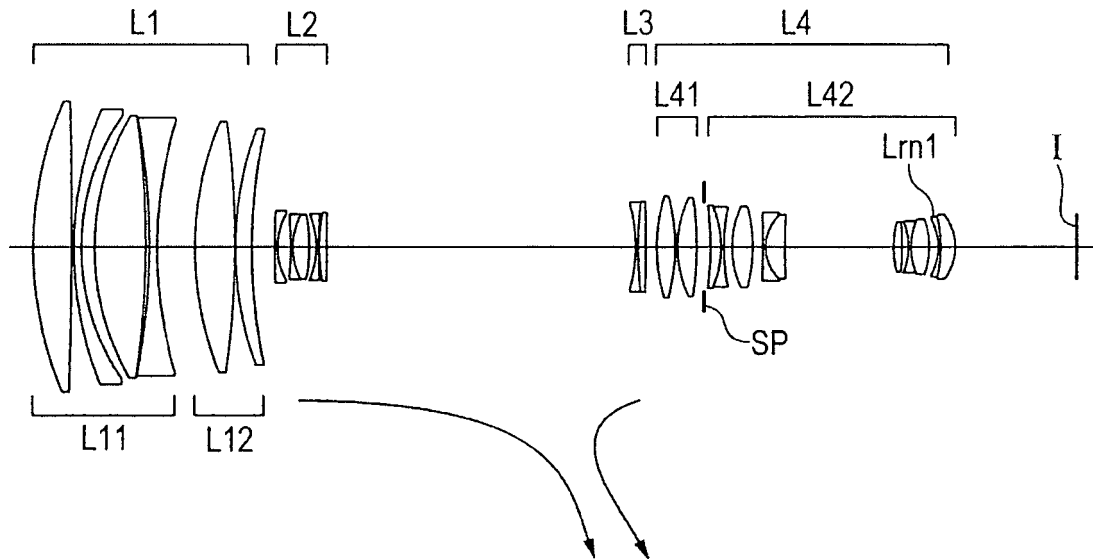


FIG. 2A

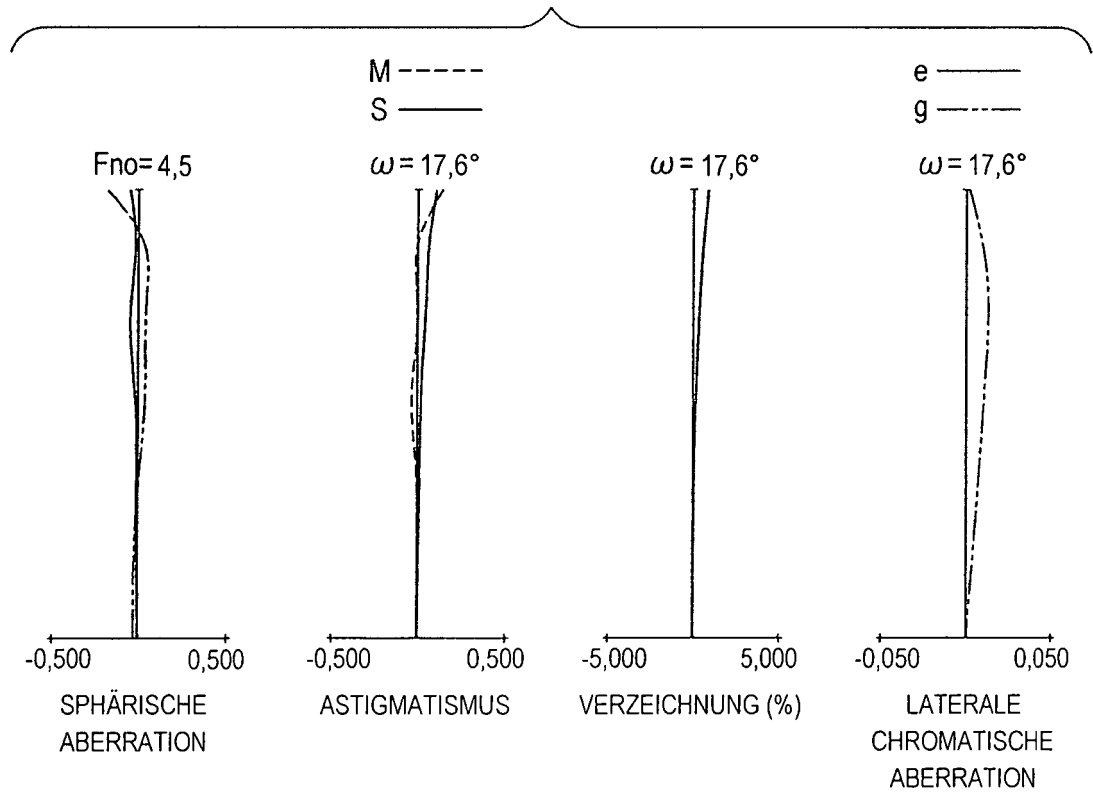


FIG. 2B

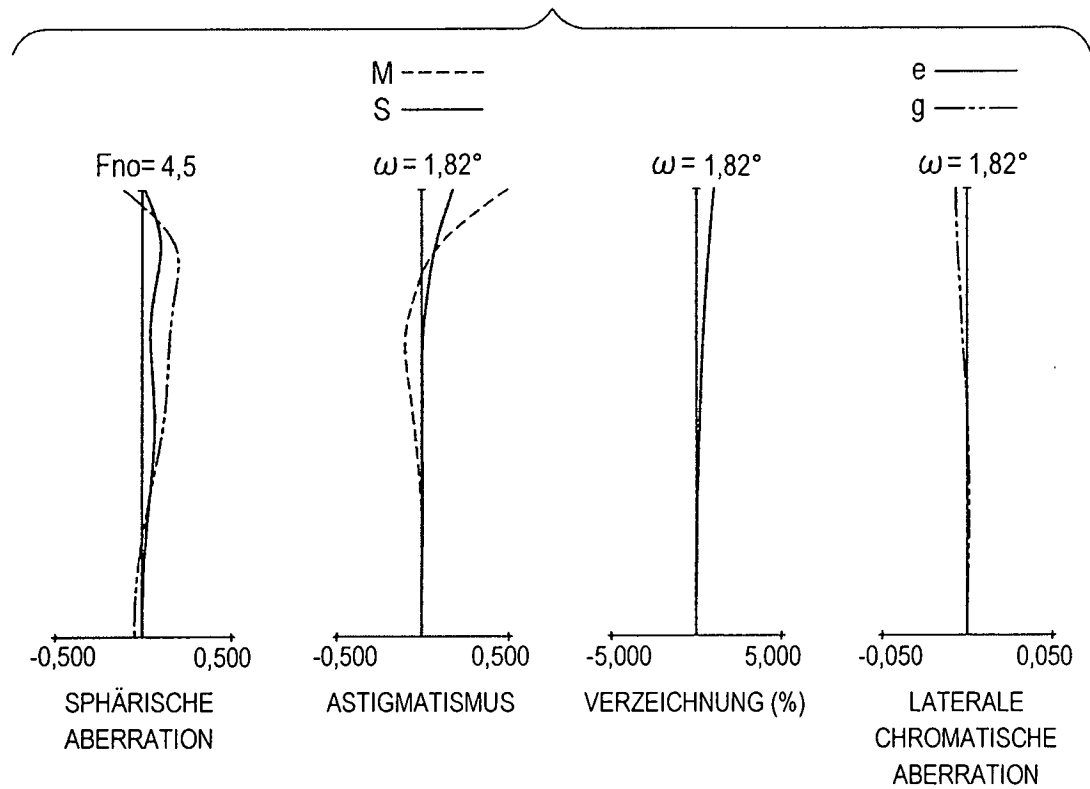


FIG. 2C

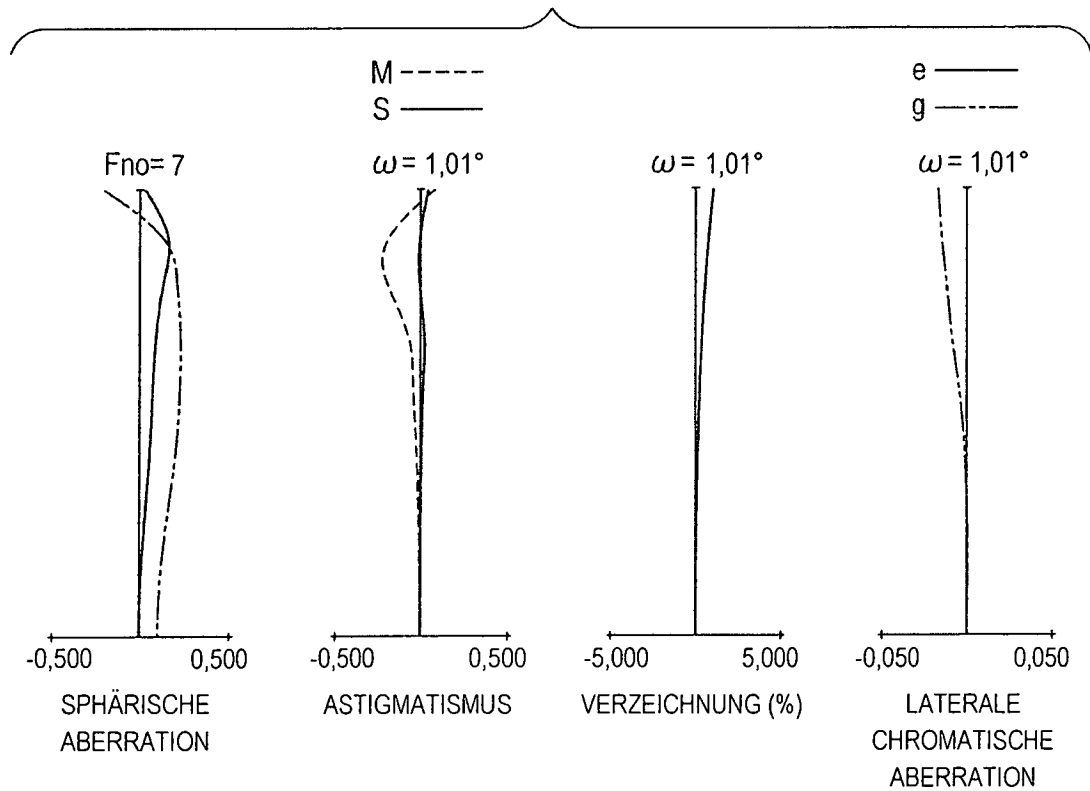


FIG. 3

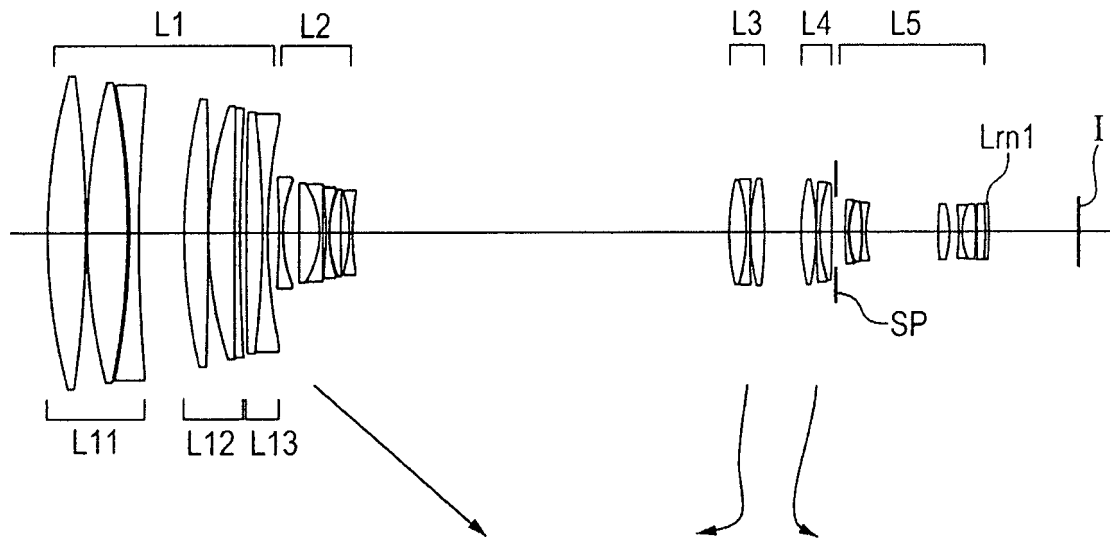


FIG. 4A

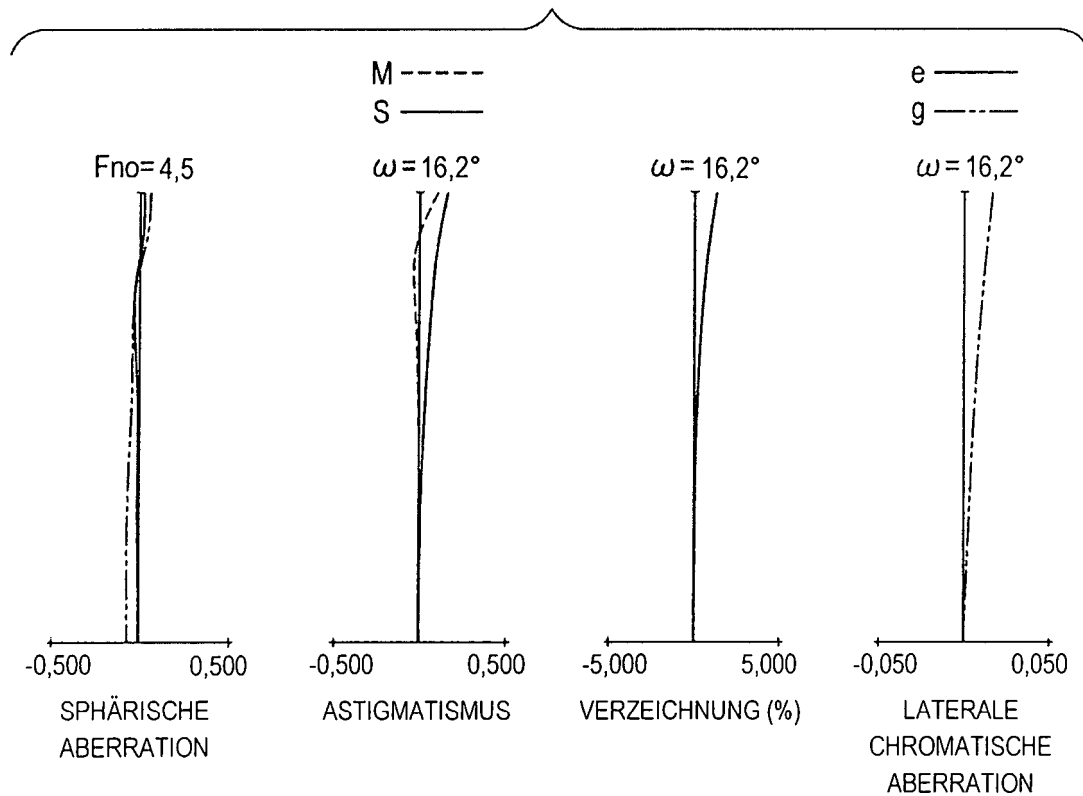


FIG. 4B

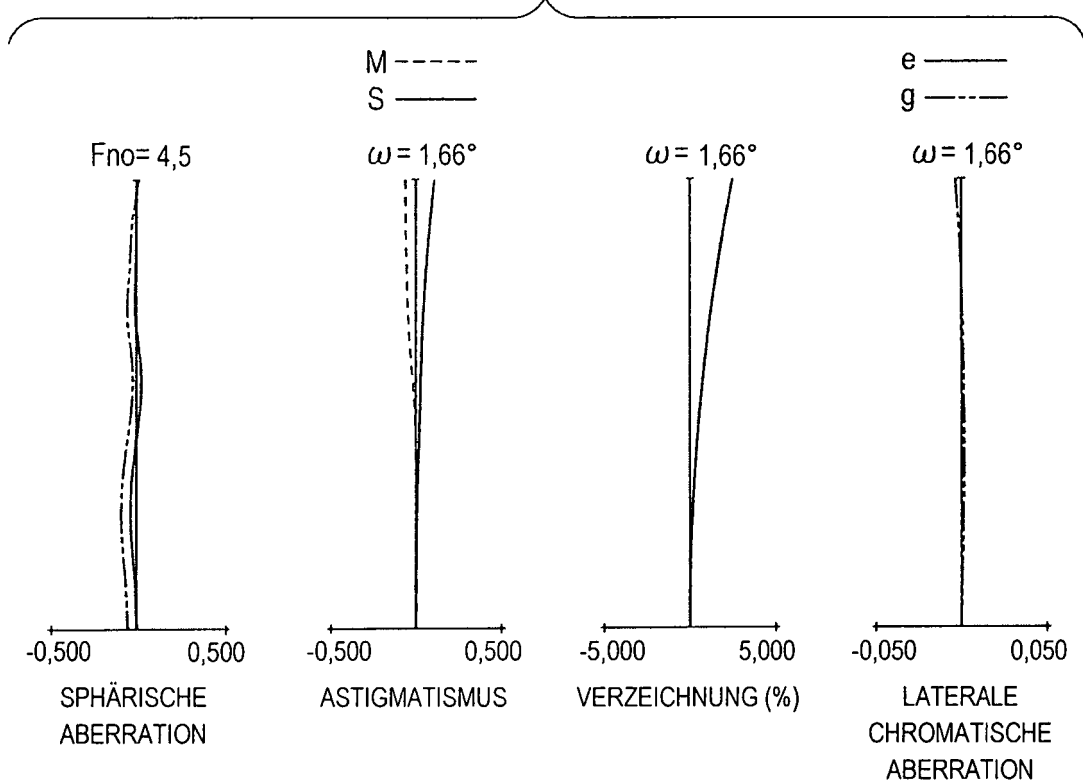


FIG. 4C

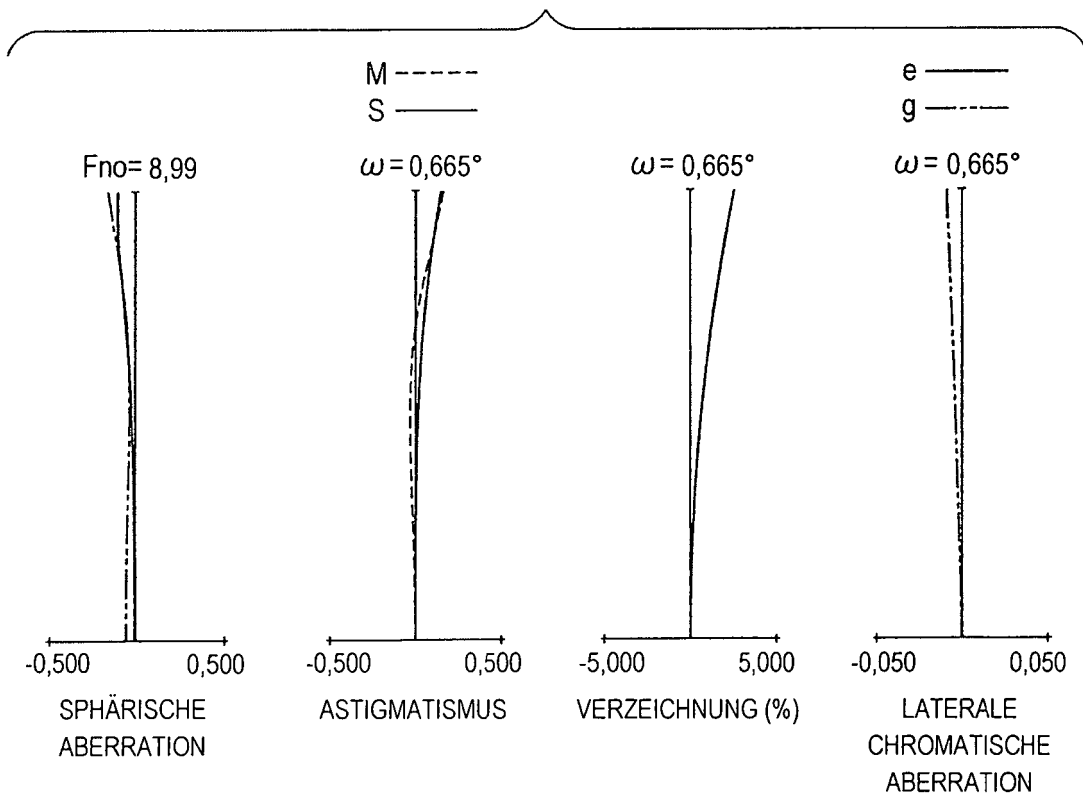


FIG. 5

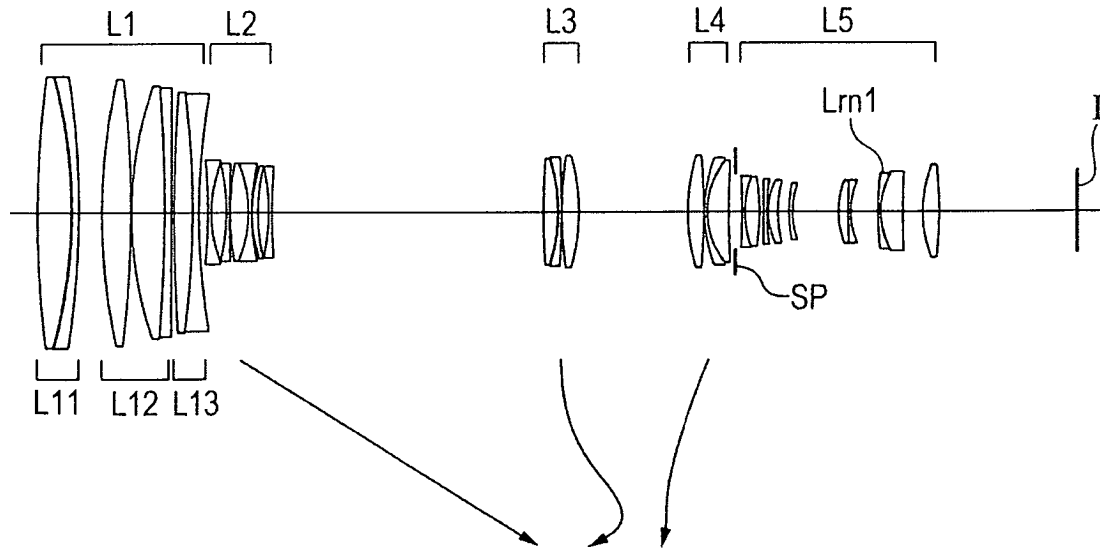


FIG. 6A

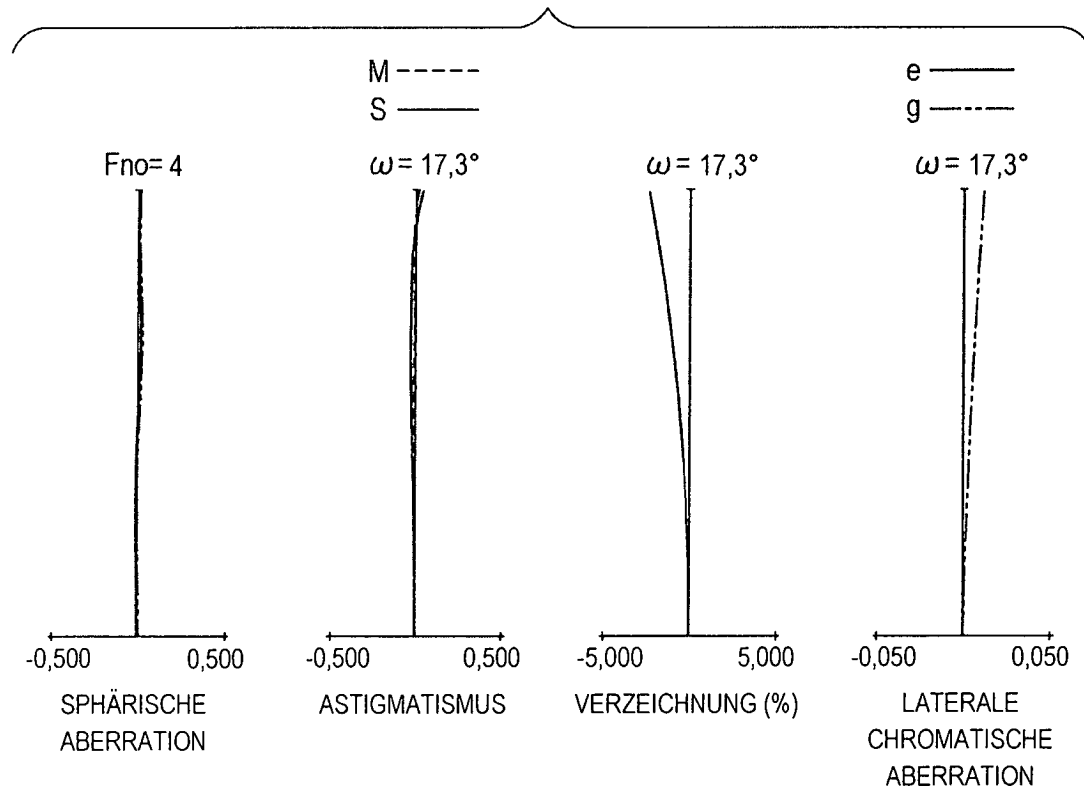


FIG. 6B

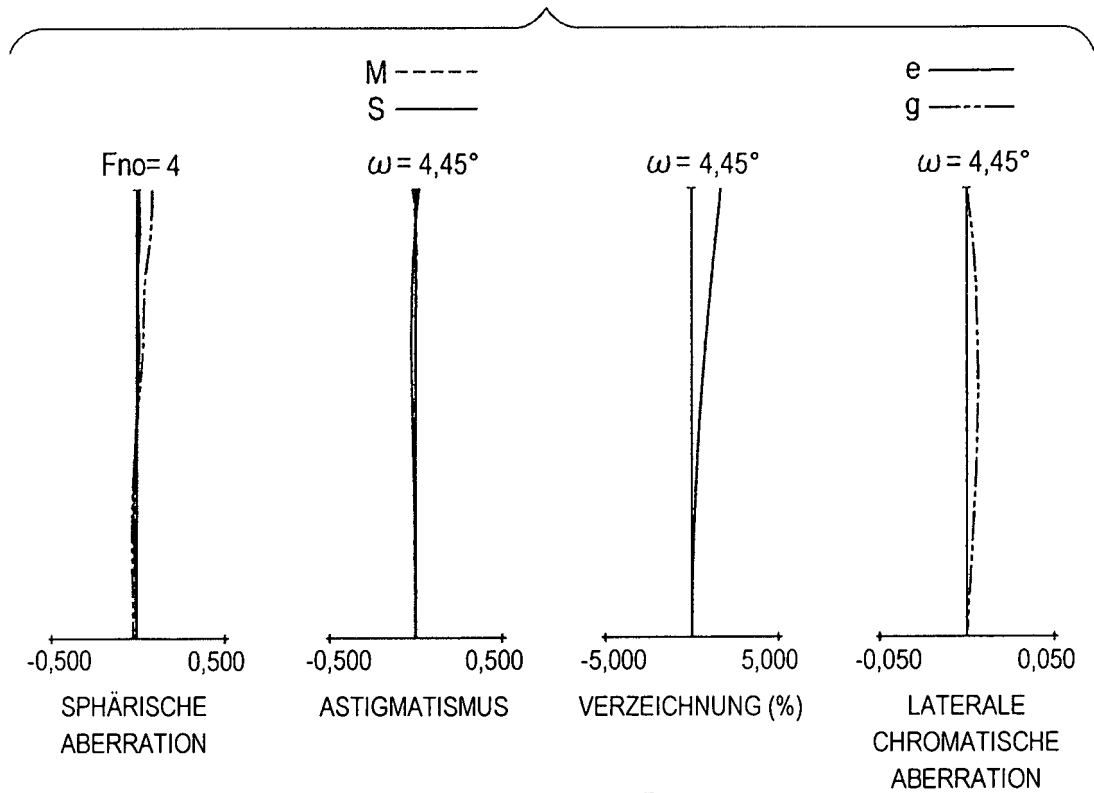


FIG. 6C

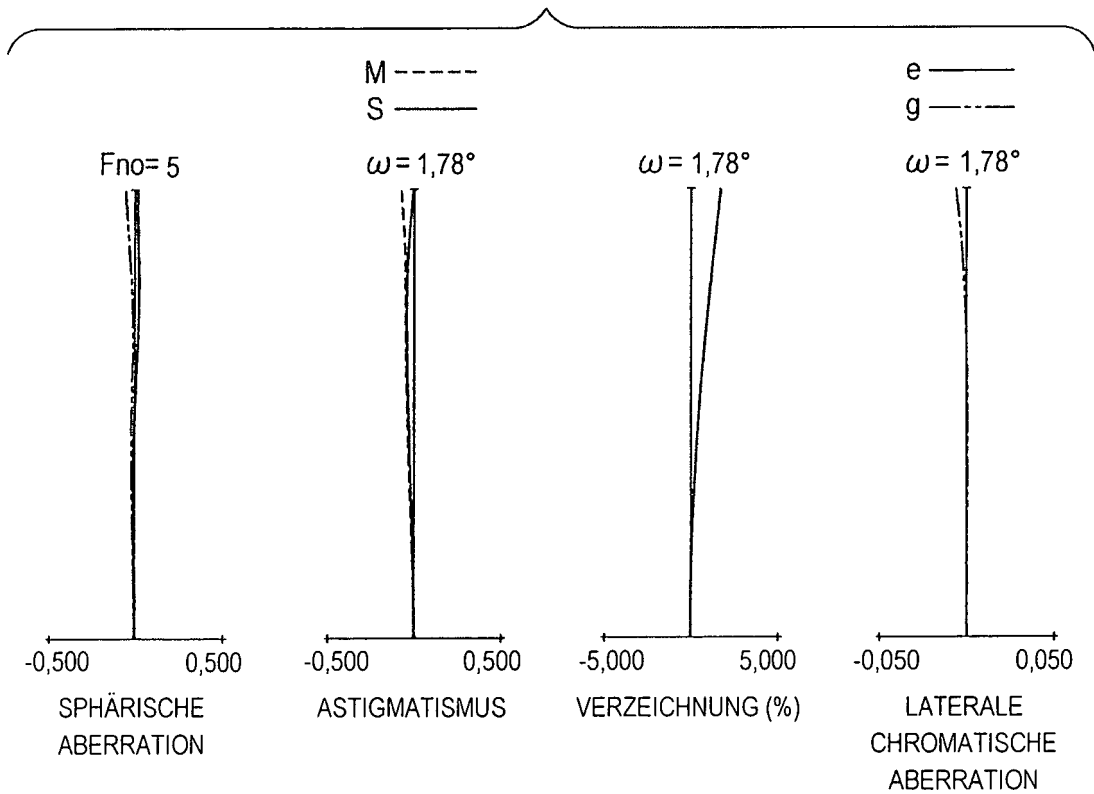


FIG. 7

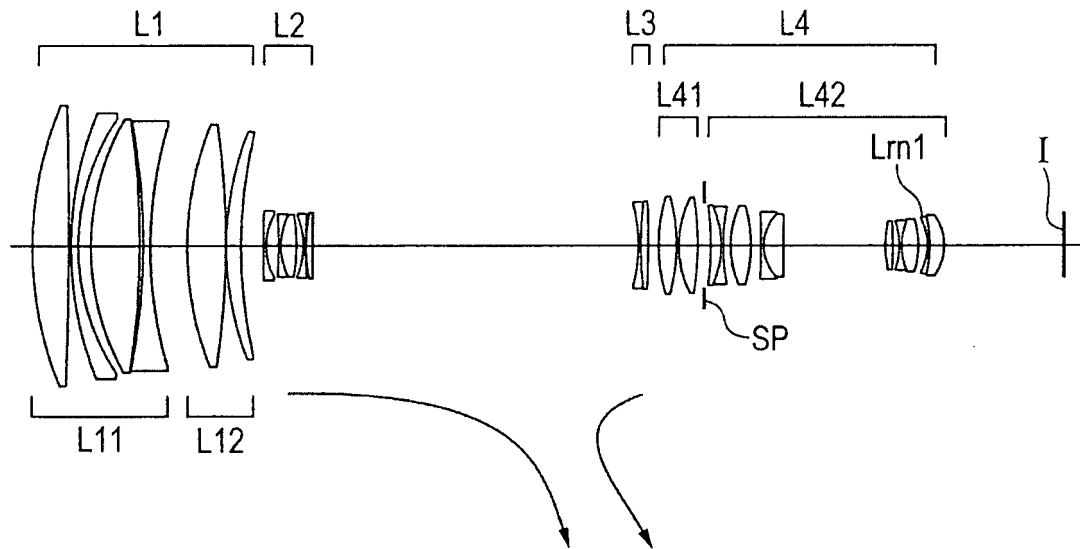


FIG. 8A

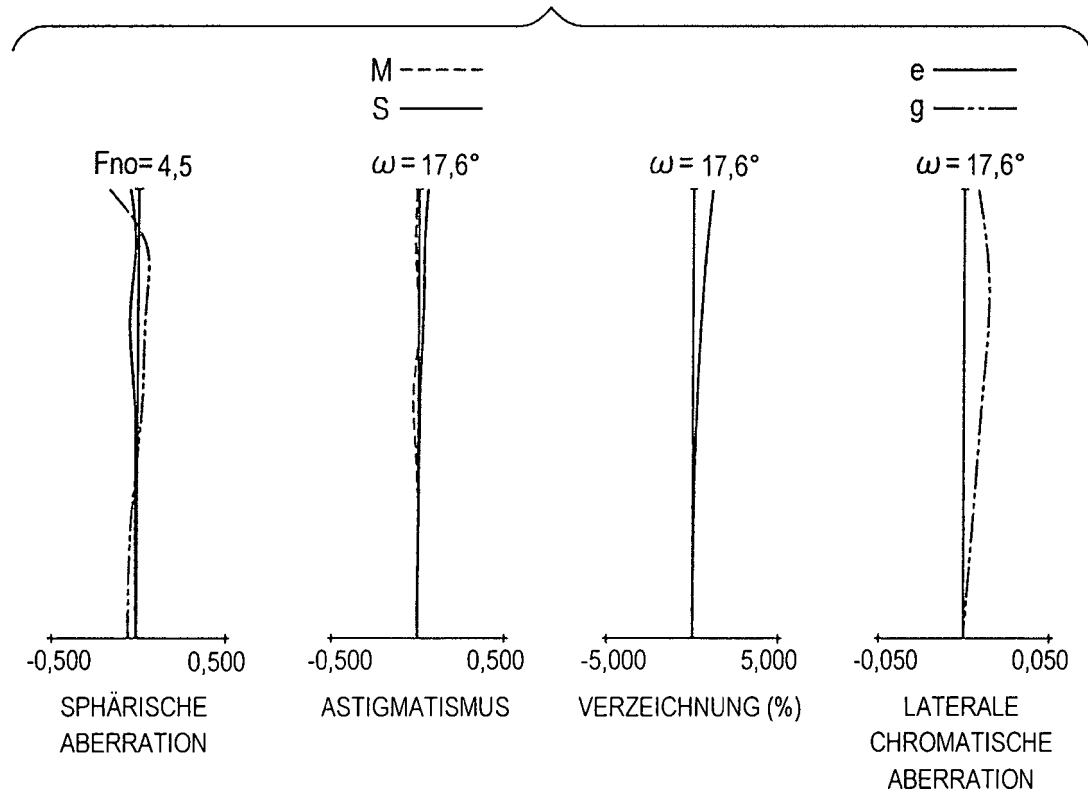


FIG. 8B

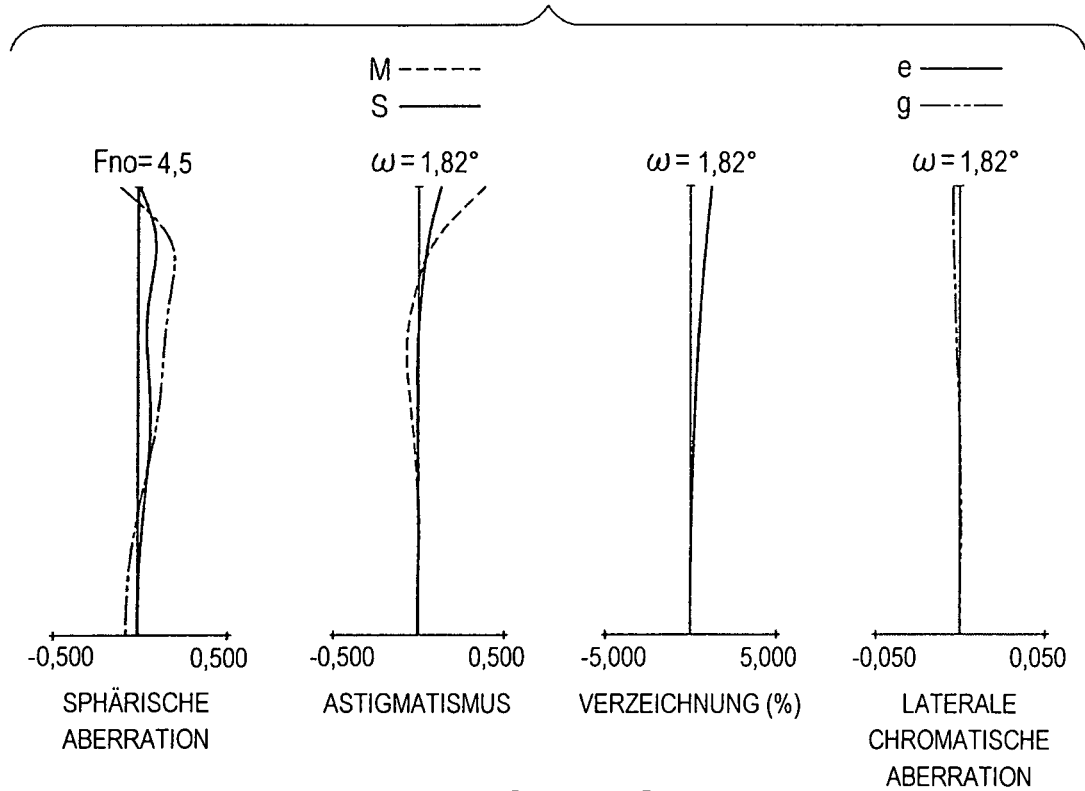


FIG. 8C

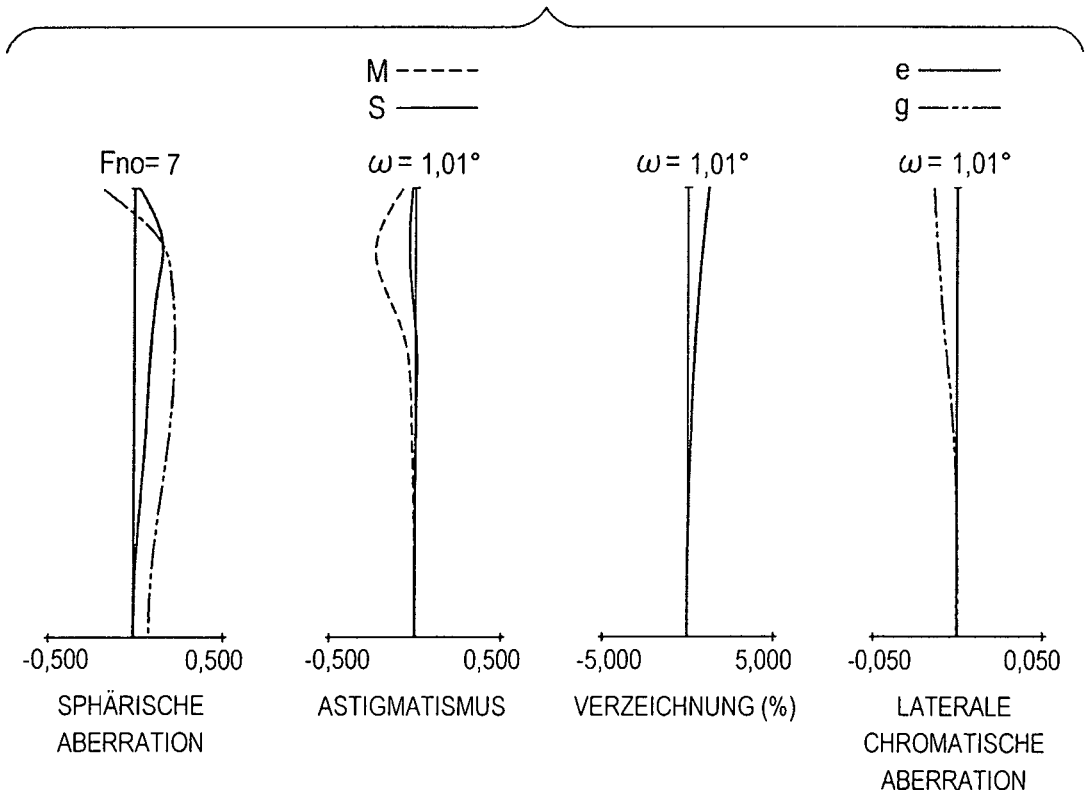


FIG. 9

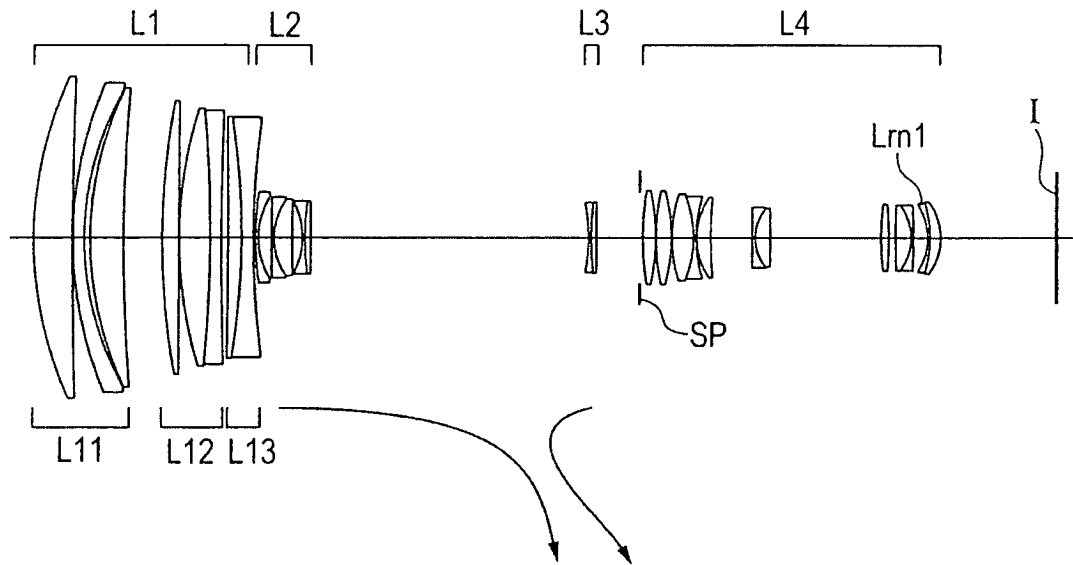


FIG. 10A

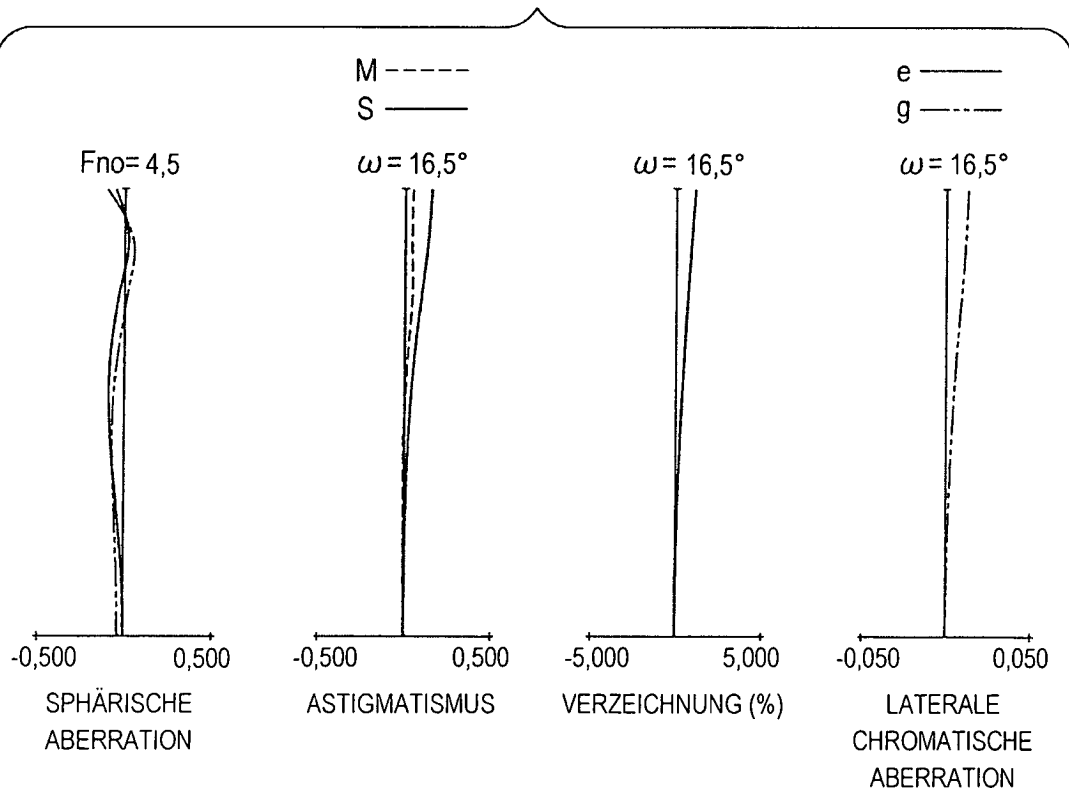


FIG. 10B

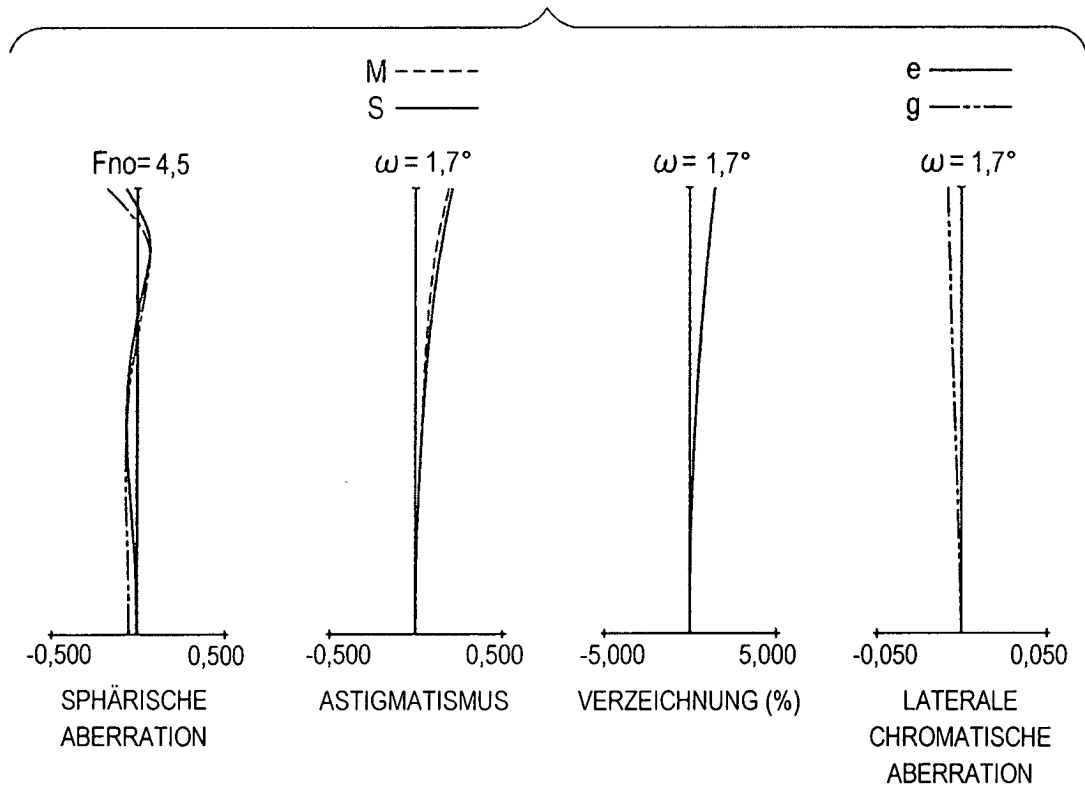


FIG. 10C

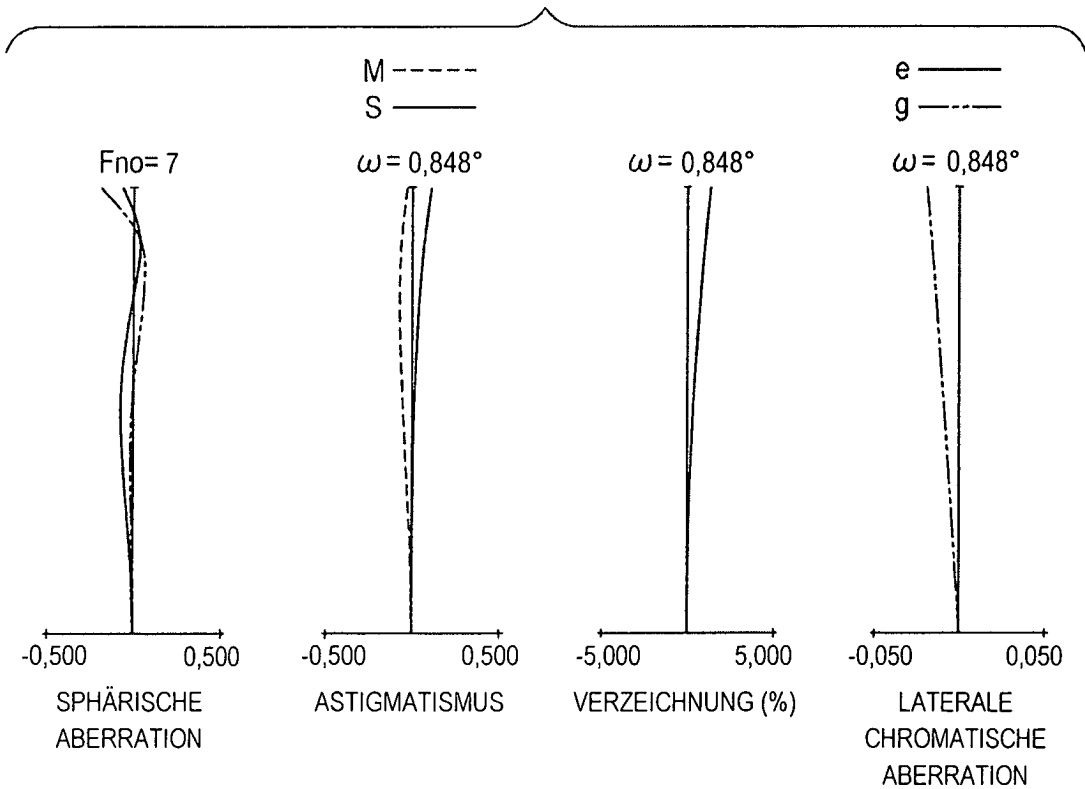


FIG. 11

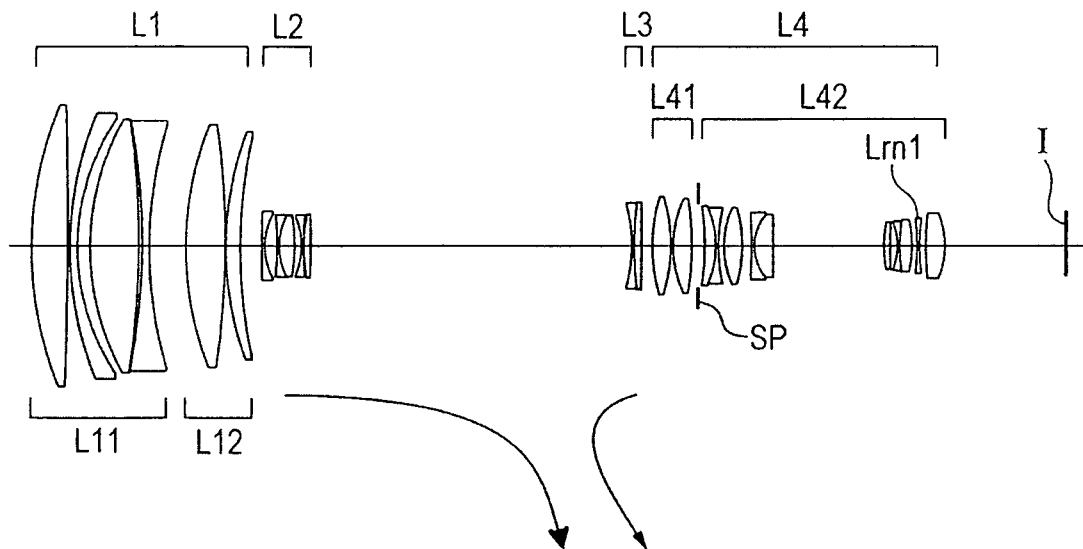


FIG. 12A

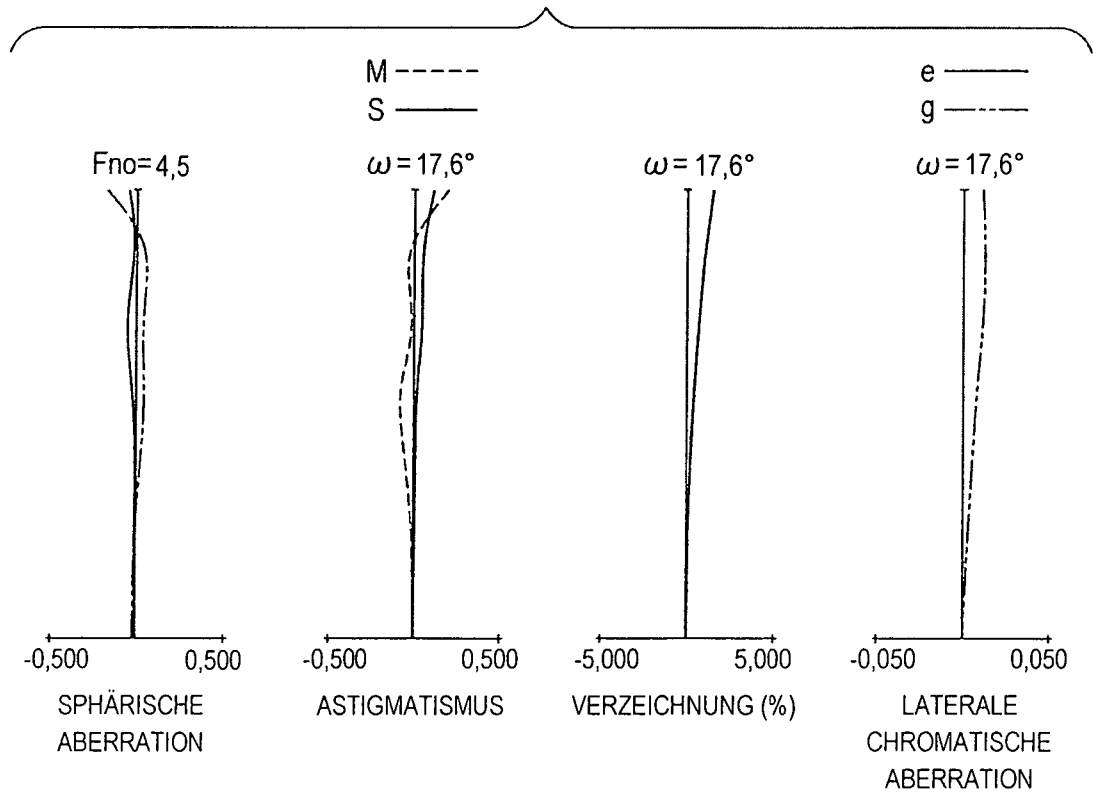


FIG. 12B

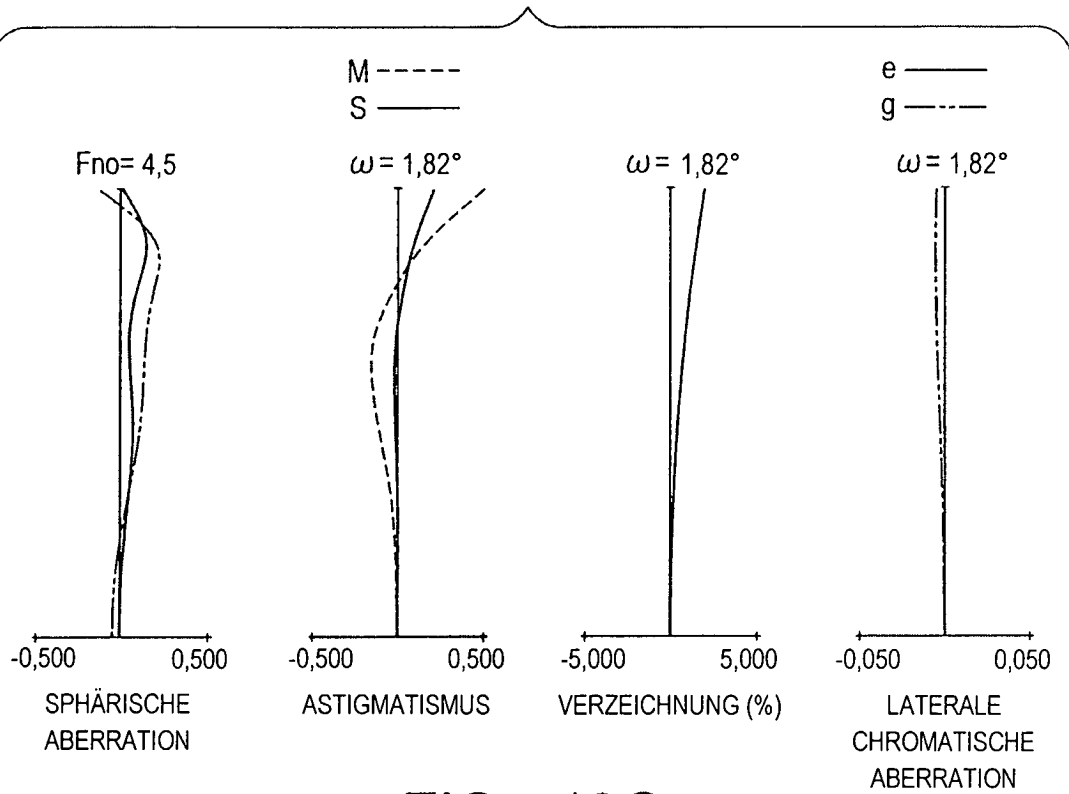


FIG. 12C

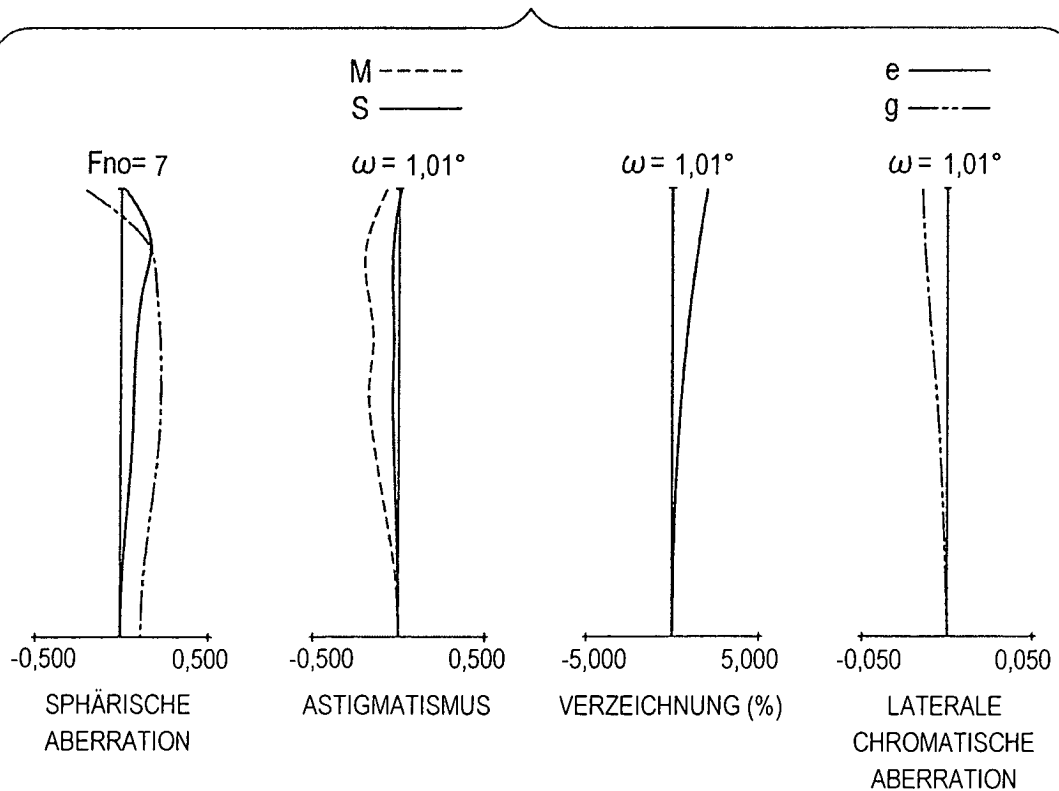


FIG. 13

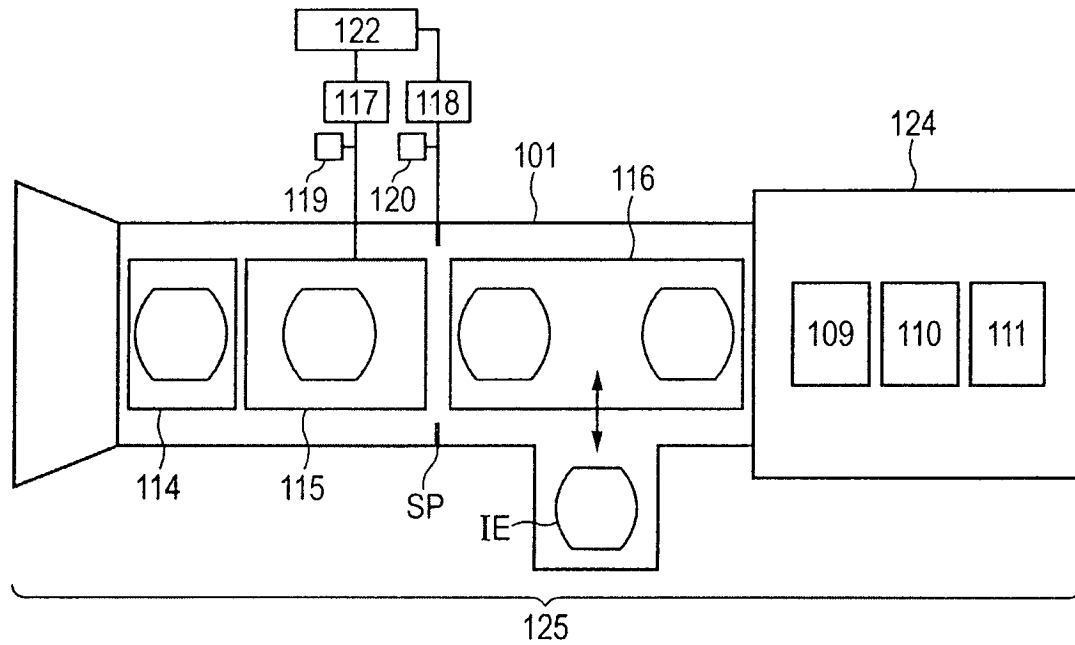


FIG. 14

