(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2023 129 066 A1** 2024.04.25

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2023 129 066.5**
(22) Anmeldetag: **23.10.2023**
(43) Offenlegungstag: **25.04.2024**

(51) Int Cl.: ***G02B 15/14*** (2006.01)
G02B 15/20 (2006.01)
G03B 19/00 (2021.01)
H04N 23/55 (2023.01)

(30) Unionspriorität:
2022-170052 24.10.2022 JP

(71) Anmelder:
Canon Kabushiki Kaisha, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

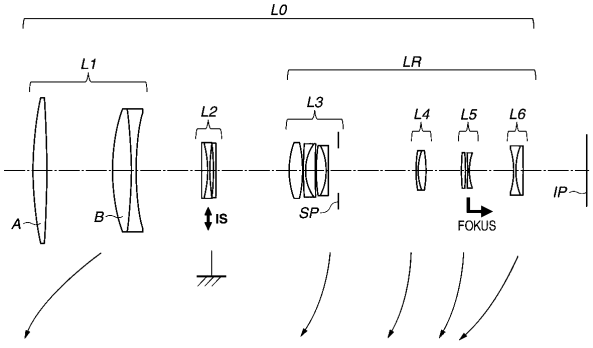
(72) Erfinder:
Kimura, Kohei, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ZOOMOBJEKTIV UND BILDGEBENDES GERÄT MIT DIESEM**

(57) Zusammenfassung: Ein Zoomobjektiv umfasst eine erste Objektiveinheit mit positiver Brechkraft, eine zweite Objektiveinheit mit negativer Brechkraft und eine hintere Objektivgruppe mit einer oder mehreren Objektiveinheiten. Die erste Objektiveinheit, die zweite Objektiveinheit und die hintere Objektivgruppe sind in der Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite angeordnet. Intervalle zwischen benachbarten Objektiveinheiten ändern sich beim Zoomen. Die erste Objektiveinheit ist dazu eingerichtet, sich während des Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleobjektivende in Richtung der Objektseite zu bewegen. Die zweite Objektiveinheit umfasst drei oder mehr Linsen. Das Zoomobjektiv erfüllt vorbestimmte Ungleichungen.



Beschreibung

TECHNISCHER HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Technisches Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Zoomobjektiv und eignet sich für bildgebende Geräte, wie z. B. eine digitale Videokamera, eine digitale Standbildkamera, eine Rundfunkkamera und eine Silberhalogenidfilmkamera.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In den letzten Jahren gab es die Forderung, dass ein Zoomobjektiv, das als ein bildgebendes optisches System für ein bildgebendes Gerät verwendet wird, klein in Größe und Gewicht ist und eine hohe optische Leistung über einen gesamten Zoombereich bietet, während es eine lange Brennweite an einem Teleobjektivende erreicht.

[0003] Die offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2009-86537 beschreibt ein Zoomobjektiv, bei dem eine erste Objektiveinheit während eines Zoomens fixiert ist und eine zweite Objektiveinheit mit negativer Brechkraft während eines Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleobjektivende in Richtung einer Bildseite bewegt wird. Bei diesem Zoomobjektiv ist es zur Erzielung einer langen Brennweite am Teleobjektivende erforderlich, eine Gesamtobjektivlänge an dem Weitwinkelende zu vergrößern, um ein Bewegungsausmaß der zweiten Objektiveinheit während eines Zoomens sicherzustellen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Zoomobjektiv eine erste Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, eine zweite Objektiveinheit, die eine negative Brechkraft aufweist, und eine hintere Objektivgruppe, die eine oder mehrere Objektiveinheiten enthält, wobei die erste Objektiveinheit, die zweite Objektiveinheit und die hintere Objektivgruppe in einer Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite angeordnet sind. Intervalle zwischen benachbarten Objektiveinheiten ändern sich während eines Zoomens. Die erste Objektiveinheit ist dazu eingerichtet, sich während eines Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleobjektivende in Richtung der Objektseite zu bewegen. Die zweite Objektiveinheit enthält drei oder mehr Linsen. Die folgenden Ungleichungen sind erfüllt:

$$4{,}3 < TD12t/TG12 < 12{,}0,$$

und

$$3{,}6 < TD1/TD2 < 30{,}0,$$

wobei TD12t ein Abstand auf einer optischen Achse von einer Linsenoberfläche, bzw. Objektivoberfläche, die am nächsten zu der Objektseite in der ersten Objektiveinheit angeordnet ist, zu einer Linsenoberfläche, bzw.

[0005] Objektivoberfläche, die am nächsten zu der Bildseite in der zweiten Objektiveinheit an dem Teleobjektivende angeordnet ist, ist, TG12 eine Gesamtsumme von Dicken, auf der optischen Achse, von Linsen ist, die in der ersten Objektiveinheit und der zweiten Objektiveinheit enthalten sind, TD1 ein Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die am nächsten zu der Objektseite in der ersten Objektiveinheit angeordnet ist, zu einer Linsenoberfläche, bzw. Objektivoberfläche, die am nächsten zu der Bildseite in der ersten Objektiveinheit angeordnet ist, ist, und TD2 ein Abstand auf der optischen Achse von einer Linsenoberfläche, bzw. Objektivoberfläche, die am nächsten zu der Objektseite in der zweiten Objektiveinheit angeordnet ist, zu der Linsenoberfläche, die am nächsten zu der Bildseite in der zweiten Objektiveinheit angeordnet ist, ist.

[0006] Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von beispielhaften Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht, die Linsen an einem Weitwinkelende eines Zoomobjektivs gemäß einem ersten beispielhaften Ausführungsbeispiel zeigt.

Fig. 2A zeigt ein Aberrationsdiagramm am Weitwinkelende des Zoomobjektivs gemäß dem ersten beispielhaften Ausführungsbeispiel. **Fig.** 2B zeigt ein Aberrationsdiagramm an einem Teleobjektivende des Zoomobjektivs gemäß dem ersten beispielhaften Ausführungsbeispiel.

Fig. 3 zeigt eine Schnittansicht, die Linsen an einem Weitwinkelende eines Zoomobjektivs gemäß einem zweiten beispielhaften Ausführungsbeispiel zeigt.

Fig. 4A zeigt ein Aberrationsdiagramm am Weitwinkelende des Zoomobjektivs gemäß dem zweiten beispielhaften Ausführungsbeispiel. **Fig.** 4B zeigt ein Aberrationsdiagramm an einem Teleobjektivende des Zoomobjektivs gemäß dem zweiten beispielhaften Ausführungsbeispiel.

Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht, die Linsen an einem Weitwinkelende eines Zoomobjektivs gemäß einem dritten beispielhaften Ausführungsbeispiel zeigt.

Fig. 6A zeigt ein Aberrationsdiagramm am Weitwinkelende des Zoomobjektivs gemäß dem dritten beispielhaften Ausführungsbeispiel. **Fig.** 6B zeigt ein Aberrationsdiagramm an einem Teleobjektivende des Zoomobjektivs gemäß dem dritten beispielhaften Ausführungsbeispiel.

Fig. 7 zeigt eine Schnittansicht, die Linsen an einem Weitwinkelende eines Zoomobjektivs gemäß einem vierten beispielhaften Ausführungsbeispiel zeigt.

Fig. 8A zeigt ein Aberrationsdiagramm am Weitwinkelende des Zoomobjektivs gemäß dem vierten beispielhaften Ausführungsbeispiel. **Fig.** 8B zeigt ein Aberrationsdiagramm an einem Teleobjektivende des Zoomobjektivs gemäß dem vierten beispielhaften Ausführungsbeispiel.

Fig. 9 zeigt eine Schnittansicht, die Linsen an einem Weitwinkelende eines Zoomobjektivs gemäß einem fünften beispielhaften Ausführungsbeispiel zeigt.

Fig. 10A zeigt ein Aberrationsdiagramm am Weitwinkelende des Zoomobjektivs gemäß dem fünften beispielhaften Ausführungsbeispiel. **Fig.** 10B zeigt ein Aberrationsdiagramm an einem Teleobjektivende des Zoomobjektivs gemäß dem fünften beispielhaften Ausführungsbeispiel.

Fig. 11 zeigt eine schematische Ansicht eines bildgebenden Geräts.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0007] Optische Systeme gemäß beispielhaften Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung und ein Beispiel eines bildgebenden Geräts, bzw. Bildgebungsgeräts, das eines der optischen Systeme enthält, sind im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0008] **Fig.** 1, 3, 5, 7 und 9 zeigen Schnittansichten, die Zoomobjektive L0 jeweils gemäß ersten, zweiten, dritten, vierten und fünften beispielhaften Ausführungsbeispielen zeigen. Die Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen sind solche, die für bildgebende Geräte verwendet werden, wie z. B. eine digitale Videokamera, eine digitale Standbildkamera, eine Rundfunkkamera, eine Silberhalogenidfilmkamera, eine Überwachungskamera und eine Fahrzeugkamera, bzw. On-Board-Kamera.

[0009] In jeder der Schnittansichten entspricht die linke Seite einer Objektseite und entspricht die rechte Seite einer Bildseite. Jedes der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen kann auch als Projektionsobjektiv für einen Projektor verwendet werden. In diesem Fall entspricht die linke Seite einer Bildschirmseite und entspricht die rechte Seite einer projizierten Bildseite.

[0010] Jedes der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen umfasst eine erste Objektiveinheit L1, die eine positive Brechkraft aufweist, eine zweite Objektiveinheit L2, die eine negative Brechkraft aufweist, und eine hintere Objektivgruppe LR, die eine oder mehrere Objektiveinheiten enthält. Die erste Objektiveinheit L1, die zweite Objektiveinheit L2 und die hintere Objektivgruppe LR sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet. Intervalle zwischen den benachbarten Objektiveinheiten ändern sich während eines Zoomens. Jede der Objektiveinheiten kann eine Linse oder eine Vielzahl von Linsen enthalten. Jede der Objektiveinheiten kann auch eine Öffnungsblende enthalten.

[0011] In jeder der Schnittansichten stellt jeder nach unten gerichtete Pfeil mit durchgezogener Linie einen Bewegungsort (engl. moving locus) der entsprechenden Objektiveinheit während eines Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleobjektivende dar. Eine Fokussiereinheit wird, wie durch einen Pfeil mit der Bezeichnung „FOKUS“ angegeben, während eines Fokussierens von unendlich bis in einen Nahbereich, bzw. zu einem nahen Bereich bewegt. Eine Bildstabilisierungseinheit wird während einer Bildverwackelnkor-

rektur, bzw. einer Korrektur eines Bildverwackelns bewegt, wie durch einen Doppelpfeil mit der Bezeichnung „IS“ angegeben.

[0012] Jede der Schnittansichten zeigt auch eine Öffnungsblende SP und eine Bildebene IP. In einem Fall, in dem jedes der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen für eine digitale Videokamera oder eine digitale Standbildkamera verwendet wird, ist auf der Bildebene IP eine Abbildungsebene, bzw. Bildgebungsebene eines Festkörper-Bildsensors (einer photoelektrischen Umwandlungsvorrichtung), wie z. B. eines Charge-Coupled Device- (CCD-) Sensors oder eines Complementary Metal-Oxide Semiconductor-(CMOS-) Sensors, angeordnet. In einem Fall, in dem jedes der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen als ein bildgebendes optisches System, bzw. optisches Bildgebungssystem für eine Silberhalogenidfilmkamera verwendet wird, ist auf der Bildebene IP eine lichtempfindliche Oberfläche angeordnet, die einer Filmoberfläche entspricht.

[0013] In den **Fig.** 2A und 2B, 4A und 4B, 6A und 6B, 8A und 8B sowie 10A und 10B zeigen Aberrationsdiagramme in einem Fall, in dem ein Fokus bei unendlichem Objektabstand an den Weitwinkelenden und Teleobjektivenden der Zoomobjektive L0 gemäß jeweils dem ersten, zweiten, dritten, vierten und fünften beispielhaften Ausführungsbeispiel erreicht wird.

[0014] In jedem Diagramm zur sphärischen Aberration (engl. spherical aberration) steht Fno für eine Blendenzahl, und sphärische Aberrationsausmaße (engl. spherical aberration amounts) in Bezug auf eine d-Linie (mit einer Wellenlänge von 587,6 nm) und eine g-Linie (mit einer Wellenlänge von 435,8 nm) sind angegeben. In jedem Diagramm zum Astigmatismus (engl. astigmatism) steht ΔS für ein Aberrationsausmaß auf einer sagittalen Bildebene und steht ΔM für ein Aberrationsausmaß auf einer meridionalen Bildebene. Jedes Diagramm zur Verzerrungsaberration (engl. distortion aberration) veranschaulicht ein Verzerrungsaberrationsausmaß in Bezug auf die d-Linie. Jedes Diagramm zur chromatischen Aberration (engl. chromatic aberration) veranschaulicht ein Vergrößerungsausmaß einer chromatischen Aberration (engl. magnification chromatic aberration amount) in Bezug auf die g-Linie. Außerdem stellt ω einen bildgebenden Halbbildwinkel (engl. imaging half angle of view) (°) dar.

[0015] Als nächstes ist eine charakteristische Konfiguration jedes der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen beschrieben.

[0016] In jedem der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen weist die erste Objektiveinheit L1 eine positive Brechkraft auf, wodurch ein Hauptpunkt auf der Objektseite angeordnet ist und eine Gesamtobjektivlänge (ein Abstand auf einer optischen Achse von einer am nächsten zur Objektseite in dem Zoomobjektiv L0 angeordneten Linsenoberfläche zur Bildebene IP) verkürzt wird. Die zweite Objektiveinheit L2 weist eine negative Brechkraft auf, wodurch eine chromatische Vergrößerungsaberration (engl. magnification chromatic aberration), die in der ersten Objektiveinheit L1 insbesondere am Weitwinkelende auftritt, korrigiert wird. Weiterhin ist die hintere Objektivgruppe LR, die eine oder mehrere Objektiveinheiten enthält, angeordnet, wodurch Fluktuationen verschiedener Aberrationen, die während eines Zoomens auftreten, unterdrückt werden.

[0017] Die erste Objektiveinheit L1 wird während eines Zoomens vom Weitwinkelende zum Teleobjektivende in Richtung der Objektseite bewegt, wodurch die Gesamtobjektivlänge am Weitwinkelende verkürzt wird.

[0018] Die zweite Objektiveinheit L2 enthält drei oder mehr Linsen, wodurch Fluktuationen verschiedener Aberrationen, die in der zweiten Objektiveinheit L2 während eines Zoomens auftreten, unterdrückt werden.

[0019] Jedes der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen ist so eingerichtet, die folgenden Ungleichungen (1) und (2) zu erfüllen:

$$4{,}3 < TD12t/TG12 < 12{,}0 \qquad (1)$$

$$3{,}6 < TD1/TD2 < 30{,}0 \qquad (2)$$

[0020] In den Ungleichungen (1) und (2) ist TD12t ein Abstand auf der optischen Achse von einer Linsenoberfläche, bzw. Objektivoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in der ersten Objektiveinheit L1 angeordnet ist, zu einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der zweiten Objektiveinheit L2 am Teleobjektivende angeordnet ist. TG12 ist eine Gesamtsumme von Dicken, auf der optischen Achse, von in der ersten Objektiveinheit L1 und in der zweiten Objektiveinheit L2 enthaltenen Linsen. TD1 ist ein Abstand

auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in der ersten Objektiveinheit L1 angeordnet ist, zu einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der ersten Objektiveinheit L1 angeordnet ist. TD2 ist ein Abstand auf der optischen Achse von einer Linsenfläche, die am nächsten zur Objektseite in der zweiten Objektiveinheit L2 angeordnet ist, zu der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der zweiten Objektiveinheit L2 angeordnet ist.

[0021] Die Ungleichungen (1) und (2) sollen eine Korrektur verschiedener Aberrationen, ein hohes Zoomverhältnis und eine Verringerung von Größe und Gewicht erzielen.

[0022] Wenn TD12t/TG12 die obere Grenze der Ungleichung (1) überschreitet, wird der Abstand von der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in der ersten Objektiveinheit L1 angeordnet ist, zu der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der zweiten Objektiveinheit L2 am Teleobjektivende angeordnet ist, größer. Infolgedessen wird die Gesamtobjektivlänge größer, bzw. länger, was nicht wünschenswert ist. Wenn TD12t/TG12 kleiner als die untere Grenze der Ungleichung (1) ist, nimmt die Gesamtsumme der Dicken, auf der optischen Achse, der in der ersten Objektiveinheit L1 und der zweiten Objektiveinheit L2 angeordneten Linsen zu. Infolgedessen erhöht sich das Gewicht jeder in der ersten Objektiveinheit L1 und der zweiten Objektiveinheit L2 enthaltenen Linse, was nicht wünschenswert ist.

[0023] Wenn TD1/TD2 die obere Grenze der Ungleichung (2) überschreitet, wird der Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in der ersten Objektiveinheit L1 angeordnet ist, zu der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der ersten Objektiveinheit L1 angeordnet ist, länger. Dadurch vergrößert sich insbesondere ein Durchmesser einer der Objektseite am nächsten angeordneten Linse, was nicht erwünscht ist. Wenn TD1/TD2 kleiner als die untere Grenze der Ungleichung (2) ist, wird der Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in der zweiten Objektiveinheit L2 angeordnet ist, zu der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der zweiten Objektiveinheit L2 angeordnet ist, länger. Infolgedessen ist es schwierig, Bewegungsausmaße (engl. moving amounts) der zweiten Objektiveinheit L2 und der hinteren Objektivgruppe LR während eines Zoomens zu sichern, bzw. sicherzustellen. Dies ist nicht wünschenswert, da die Gesamtobjektivlänge insbesondere am Weitwinkelende vergrößert werden soll, um ein gewünschtes Zoomverhältnis zu erhalten.

[0024] Durch die oben beschriebene Konfiguration kann ein kleines, leichtes Zoomobjektiv erzielt werden, das eine hohe optische Leistung und ein hohes Zoomverhältnis bietet.

[0025] Mindestens eine der oberen oder der unteren Grenzen des Wertebereichs von entweder der Ungleichung (1) oder der Ungleichung (2) ist wünschenswerterweise auf die der entsprechenden der folgenden Ungleichungen (1a) und (2a) eingestellt:

$$4{,}5 < TD12t/TG12 < 11{,}0 \qquad (1a)$$

$$3{,}8 < TD1/TD2 < 20{,}0 \qquad (2a)$$

[0026] Mindestens eine der oberen oder unteren Grenzen des Wertebereichs von entweder der Ungleichung (1) oder der Ungleichung (2) ist noch wünschenswerter auf die der entsprechenden der folgenden Ungleichungen (1b) und (2b) eingestellt:

$$4{,}7 < TD12t/TG12 < 10{,}5 \qquad (1b)$$

$$4{,}0 < TD1/TD2 < 16{,}0 \qquad (2b)$$

[0027] Als nächstes ist eine wünschenswerte Konfiguration jedes der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen beschrieben.

[0028] Die erste Objektiveinheit L1 enthält eine positive Linse, bzw. Positivlinse A, die am nächsten zur Objektseite angeordnet ist, und eine positive Linse B, die benachbart zur positiven Linse A angeordnet ist. Die positiven Linsen A und B sind wünschenswerterweise mit dem größten Luftspalt in der ersten Objektiveinheit L1 dazwischen angeordnet. Der große Luftspalt zwischen den positiven Linsen A und B reduziert einen auf der Achse liegenden Lichtstrom, der auf die positive Linse B und Linsen einfällt, die näher an der Bildseite als die positive Linse B angeordnet sind.

[0029] Dadurch ist es möglich, einen Durchmesser der positiven Linse B und diese der Linsen, die näher an der Bildseite angeordnet sind als die positive Linse B, zu verringern, wodurch das Gewicht des Zoomobjektivs L0 reduziert wird.

[0030] Darüber hinaus ist in der ersten Objektiveinheit L1 eine negative Linse, bzw. Negativlinse wünschenswerterweise näher an der Bildseite angeordnet als die positive Linse B. Die Anordnung der negativen Linse ermöglicht Aberrationen angemessen zu korrigieren, wie z. B. eine sphärische Aberration und eine chromatische Aberration auf der Achse, insbesondere am Teleobjektivende.

[0031] Die zweite Objektiveinheit L2 wird während eines Zoomens vorzugsweise fixiert. Dadurch kann eine Exzentrizität der zweiten Objektiveinheit L2, die während eines Zoomens auftritt, verringert werden, und Fluktuationen verschiedener Aberrationen, die in der zweiten Objektiveinheit L2 auftreten, können unterdrückt werden.

[0032] Die Öffnungsblende SP ist vorzugsweise zwischen einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in einer dritten Objektiveinheit L3 angeordnet ist, und einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der dritten Objektiveinheit L3 angeordnet ist, oder näher zur Bildseite als die dritte Objektiveinheit L3 angeordnet ist, angeordnet. Da ein auf der Ache liegender Lichtstrom, der auf die dritte Objektiveinheit L3 oder eine näher an der Bildseite als die dritte Objektiveinheit L3 angeordnete Linse einfällt, relativ klein ist, ist es möglich einen Durchmesser der Öffnungsblende SP zu verringern.

[0033] Oberflächen aller Linsen, die in dem Zoomobjektiv L0 enthalten sind, sind wünschenswerterweise kugelförmig, bzw. sphärisch geformt. Wenn die Oberflächen kugelförmig gemacht sind, können Fertigungsschwankungen unterdrückt und dadurch eine Verschlechterung einer optischen Leistung verhindert werden.

[0034] Während einer Korrektur eines Bildverwackelns wird die gesamte oder ein Abschnitt der zweiten Objektiveinheit L2 vorzugsweise so bewegt, um eine Komponente in einer Richtung senkrecht zur optischen Achse zu enthalten. Da die zweite Objektiveinheit L2 eine relativ hohe negative Brechkraft aufweist, ist es möglich, einen Absolutwert, bzw. absoluten Wert einer Exzentrizitätsempfindlichkeit zu erhöhen und eine Vergrößerung eines Durchmessers eines Objektivs, bzw. einer Linse, das/die während einer Bildstabilisierung bewegt wird, zu verhindern. Die hier erwähnte Exzentrizitätsempfindlichkeit ist ein Verhältnis ($\Delta 2/\Delta 1$) eines Bewegungsausmaßes $\Delta 1$ des Objektivs und eines Bewegungsausmaßes $\Delta 2$ eines bildbildenden Punktes, bzw. Bildpunktes auf der Bildebene IP in der Richtung senkrecht zur optischen Achse.

[0035] Nachfolgend sind die Ungleichungen (3) bis (11) beschrieben, die wünschenswerterweise von jedem der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen erfüllt sind.

[0036] Jedes der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen erfüllt wünschenswerterweise mindestens eine oder mehrere der folgenden Ungleichungen (3) bis (11):

$$0,1 < m1/f1 < 0,5 \quad (3)$$

$$1,0 < f1/fw < 3,0 \quad (4)$$

$$-1,0 < f2/fw < -0,2 \quad (5)$$

$$1,0 < ft/TTDw < 3,5 \quad (6)$$

$$8,0 < ft/skw < 35,0 \quad (7)$$

$$5,0 < TTDw/skw < 20,0 \quad (8)$$

$$0,4 < D1max/TD1 < 0,9 \quad (9)$$

$$4,0 < \left|\left(1-\beta ft^2\right)\beta rt^2\right| < 20,0 \quad (10)$$

$$2,0 < G1d < 3,0 \quad (11)$$

[0037] In den Ungleichungen (3) und (4) ist m1 ein Absolutwert eines Bewegungsausmaßes der ersten Objektiveinheit L1 während eines Zoomens vom Weitwinkelende zum Teleobjektivende, und f1 ist eine Brennweite der ersten Objektiveinheit L1. In den Ungleichungen (4) und (5) ist fw eine Brennweite des gesamten Systems am Weitwinkelende, und f2 ist eine Brennweite der zweiten Objektiveinheit L2. In den Ungleichungen (6) bis (8) ist ft eine Brennweite des gesamten Systems am Teleobjektivende, TTDw ist ein Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die der Objektseite am nächsten angeordnet ist, zur Bildebene IP am Weitwinkelende, und skw ist ein Back-Fokus am Weitwinkelende.

[0038] In der Ungleichung (9) ist Dimax der größte Luftspalt auf der optischen Achse in der ersten Objektiveinheit L1. In der Ungleichung (10) ist βft eine laterale Vergrößerung am Teleobjektivende der Fokussiereinheit, die während einer Fokussierung bewegt wird, und βrt ist eine kombinierte laterale Vergrößerung am Teleobjektivende von allen Objektiveinheiten, die näher an der Bildseite als die Fokussiereinheit angeordnet sind. In der Ungleichung (11) ist G1d eine spezifische Dichte (engl. specific gravity) eines Materials einer Linse, die am nächsten zur Objektseite in der ersten Objektiveinheit L1 angeordnet ist.

[0039] Als nächstes sind die technischen Bedeutungen der Ungleichungen (3) bis (11) beschrieben.

[0040] Wenn m1/f1 die obere Grenze der Ungleichung (3) überschreitet und der Absolutwert des Bewegungsausmaßes der ersten Objektiveinheit L1 während eines Zoomens vom Weitwinkelende zum Teleobjektivende größer wird, vergrößert sich ein effektiver Durchmesser jeder in der ersten Objektiveinheit L1 angeordneten Linse, um eine periphere Lichtmenge am Teleobjektivende zu sichern, bzw. sicherzustellen, und nimmt im Gewicht zu. Wenn m1/f1 kleiner als die Untergrenze der Ungleichung (3) ist und die Brechkraft der ersten Objektiveinheit L1 schwächer wird, wird der Hauptpunkt auf der Bildseite angeordnet, und die Gesamtobjektivlänge wird länger.

[0041] Wenn f1/fw die obere Grenze der Ungleichung (4) überschreitet und die Brechkraft der ersten Objektiveinheit L1 schwächer wird, wird der Hauptpunkt auf der Bildseite angeordnet, und die Gesamtobjektivlänge wird länger. Wenn f1/fw kleiner als die untere Grenze der Ungleichung (4) ist und die Brechkraft der ersten Objektiveinheit L1 stärker wird, werden verschiedene Aberrationen, die in der ersten Objektiveinheit L1 auftreten, größer.

[0042] Wenn f2/fw die obere Grenze der Ungleichung (5) überschreitet und die Brechkraft der zweiten Objektiveinheit L2 stärker wird, werden Fluktuationen von verschiedenen Aberrationen, die in der zweiten Objektiveinheit L2 während eines Zoomens auftreten, größer. Wenn f2/fw kleiner als die untere Grenze der Ungleichung (5) ist und die Brechkraft der zweiten Objektiveinheit L2 schwächer wird, wird das Bewegungsausmaß der zweiten Objektiveinheit L2 während eines Zoomens größer, um ein gewünschtes Zoomverhältnis zu erhalten. Mit anderen Worten, die Gesamtobjektivlänge wird länger, um einen Raum für das Bewegungsausmaß der zweiten Objektiveinheit L2 während eines Zoomens zu sichern.

[0043] Wenn ft/TTDw die obere Grenze der Ungleichung (6) überschreitet und die Brennweite des gesamten Systems am Teleobjektivende länger wird, wird die Brechkraft der ersten Objektiveinheit L1 oder dergleichen stärker, um die Zunahme der Gesamtobjektivlänge zu verhindern, was es schwierig macht verschiedene Aberrationen zu korrigieren. Ist ft/TTDw kleiner als die untere Grenze der Ungleichung (6), wird der Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die der Objektseite am nächsten angeordnet ist, zur Bildebene IP am Weitwinkelende länger und das Zoomobjektiv L0 nimmt an Größe zu.

[0044] Wenn ft/skw die obere Grenze der Ungleichung (7) überschreitet und die Brennweite des gesamten Systems am Teleobjektivende länger wird, wird die Brechkraft der ersten Objektiveinheit L1 oder dergleichen stärker, um die Zunahme der Gesamtobjektivlänge zu verhindern, was es schwierig macht verschiedene Aberrationen zu korrigieren. Wenn ft/skw kleiner als die Untergrenze der Ungleichung (7) ist, wird der Back-Fokus am Weitwinkelende länger. Infolgedessen wird die Gesamtobjektivlänge länger.

[0045] Wenn TTDw/skw die obere Grenze der Ungleichung (8) überschreitet, wird der Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die der Objektseite am nächsten angeordnet ist, zur Bildebene IP am Weitwinkelende länger, und das Zoomobjektiv L0 nimmt an Größe zu. Wenn TTDw/skw kleiner als die untere Grenze der Ungleichung (8) ist und der Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die der Objektseite am nächsten angeordnet ist, zur Bildebene IP am Weitwinkelende kürzer wird, wird die Brechkraft der ersten Objektiveinheit L1 oder dergleichen stärker, was es schwierig macht verschiedene Aberrationen zu korrigieren.

[0046] Wenn D1max/TD1 die obere Grenze der Ungleichung (9) überschreitet und der größte Luftspalt auf der optischen Achse in der ersten Objektiveinheit L1 größer wird, vergrößert sich ein Durchmesser des/der am nächsten zur Objektseite angeordneten Objektivs/Linse, um die periphere Lichtmenge zu sichern, und ein Gewicht des Objektivs/der Linse nimmt zu. Ist D1max/TD1 kleiner als die untere Grenze der Ungleichung (9) und wird der größte Luftspalt auf der optischen Achse in der ersten Objektiveinheit L1 kleiner, wird insbesondere die Brechkraft des/der Objektivs/Linse, das/die der Objektseite am nächsten angeordnet ist, stärker, was es schwierig macht verschiedene Aberrationen zu korrigieren.

[0047] Die Ungleichung (10) gibt eine Positionsempfindlichkeit der Fokussiereinheit am Teleobjektivende an. Die hier erwähnte Positionsempfindlichkeit ist ein Verhältnis ($\Delta L/\Delta d$) eines Bewegungsausmaßes Δd der Fokussiereinheit in Richtung der optischen Achse und eines Bewegungsausmaßes ΔL der Bildbildungsposition, bzw. Bilderzeugungsposition in Richtung der optischen Achse aufgrund der Bewegung der Fokussiereinheit.

[0048] Wenn $|(1 - \beta ft^2)\beta rt^2|$ die obere Grenze der Ungleichung (10) überschreitet und die Positionsempfindlichkeit der Fokussiereinheit am Teleobjektivende höher wird, wird die Brechkraft der Fokussiereinheit stärker, und Fluktuationen verschiedener Aberrationen, die während einer Bewegung der Fokussiereinheit auftreten, werden größer. Wenn $|(1 - \beta ft^2)\beta rt^2|$ kleiner als die untere Grenze der Ungleichung (10) ist und die Positionsempfindlichkeit der Fokussiereinheit am Teleobjektivende geringer wird, nimmt das Bewegungsausmaß der Fokussiereinheit während einer Fokussierung zu. Mit anderen Worten, die Gesamtobjektivlänge wird länger, um einen Raum für das Bewegungsausmaß der Fokussiereinheit während einer Fokussierung sicherzustellen.

[0049] Wenn G1d die obere Grenze der Ungleichung (11) überschreitet und die spezifische Dichte des Materials der Linse, die in der ersten Objektiveinheit L1 am nächsten zur Objektseite angeordnet ist, größer wird, nimmt die Linse an Gewicht zu. Wenn G1d kleiner ist als die untere Grenze der Ungleichung (11) und die spezifische Dichte des Materials der Linse, die am nächsten zur Objektseite in der ersten Objektiveinheit L1 angeordnet ist, kleiner wird, ist das Material relativ hochdispersiv (engl. highly-dispersive), was es schwierig macht eine chromatische Aberration zu korrigieren.

[0050] Mindestens eine der oberen oder unteren Grenzen jeder der Ungleichungen (3) bis (11) ist wünschenswerterweise auf die der entsprechenden der folgenden Ungleichungen (3a) bis (11a) eingestellt:

$$0,2 < m1/f1 < 0,4 \quad (3a)$$

$$1,2 < f1/fw < 2,7 \quad (4a)$$

$$-0,8 < f2/fw < -0,25 \quad (5a)$$

$$1,2 < ft/TTDw < 3,0 \quad (6a)$$

$$12,0 < ft/skw < 30,0 \quad (7a)$$

$$6,0 < TTDw/skw < 15,0 \quad (8a)$$

$$0,5 < D1max/TD1 < 0,8 \quad (9a)$$

$$4,1 < \left|\left(1-\beta ft^2\right)\times \beta rt2\right| < 15,0 \quad (10a)$$

$$2,35 < G1d < 2,55 \quad (11a)$$

[0051] Mindestens eine der oberen oder unteren Grenzen jeder der Ungleichungen (3) bis (11) ist wünschenswerterweise auf die der entsprechenden der folgenden Ungleichungen (3b) bis (11b) eingestellt:

$$0,25 < m1/f1 < 0,35 \quad (3b)$$

$$1,4 < f1/fw < 2,5 \quad (4b)$$

$$-0,6 < f2/fw < -0,3 \quad (5b)$$

$$1{,}4 < ft/TTDw < 2{,}8 \quad (6b)$$

$$13{,}0 < ft/skw < 25{,}0 \quad (7b)$$

$$8{,}0 < TTDw/skw < 12{,}0 \quad (8b)$$

$$0{,}60 < D1max/TD1 < 0{,}75 \quad (9b)$$

$$4{,}2 < \left|\left(1-\beta ft^2\right)\times \beta rt^2\right| < 13{,}0 \quad (10b)$$

$$2{,}4 < G1d < 2{,}5 \quad (11b)$$

[0052] Nachfolgend ist die Konfiguration jedes der Zoomobjektive L0 gemäß den beispielhaften Ausführungsbeispielen im Detail beschrieben.

[0053] Das Zoomobjektiv L0 gemäß dem ersten beispielhaften Ausführungsbeispiel umfasst die erste Objektiveinheit L1, die eine positive Brechkraft aufweist, die zweite Objektiveinheit L2, die eine negative Brechkraft aufweist, und die hintere Objektivgruppe LR. Die erste Objektiveinheit L1, die zweite Objektiveinheit L2 und die hintere Objektivgruppe LR sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet. Die hintere Objektivgruppe LR umfasst die dritte Objektiveinheit L3, die eine positive Brechkraft aufweist, eine vierte Objektiveinheit L4, die eine positive Brechkraft aufweist, eine fünfte Objektiveinheit L5, die eine negative Brechkraft aufweist, und eine sechste Objektiveinheit L6, die eine negative Brechkraft aufweist. Die dritte Objektiveinheit L3, die vierte Objektiveinheit L4, die fünfte Objektiveinheit L5 und die sechste Objektiveinheit L6 sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet. Mit der geeigneten Anordnung der Objektiveinheiten mit negativer Brechkraft und der Objektiveinheiten mit positiver Brechkraft werden verschiedene Aberrationen im gesamten Zoombereich entsprechend korrigiert.

[0054] Die zweite Objektiveinheit L2 ist während eines Zoomens fixiert, wodurch das Auftreten von Aberrationen aufgrund der Exzentrizität der zweiten Objektiveinheit L2 unterdrückt wird. Die zweite Objektiveinheit L2 enthält drei Linsen, eine positive Linse, eine negative Linse und eine negative Linse, die in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet sind. Die zweite Objektiveinheit L2 wird in einer Richtung im Wesentlichen senkrecht zur optischen Achse bewegt, wodurch eine Korrektur eines Bildverwackelns durchgeführt wird. Die zweite Objektiveinheit L2 umfasst die drei Linsen, wodurch eine exzentrische Aberration während einer Korrektur eines Bildverwackelns unterdrückt wird.

[0055] Die fünfte Objektiveinheit L5 wird während einer Fokussierung von unendlich auf einen geringen Abstand in Richtung der Bildseite bewegt. Die Bewegung der fünften Objektiveinheit L5, die einen relativ kleinen Durchmesser aufweist, während der Fokussierung ermöglicht eine Hochgeschwindigkeitsfokussierung. Die Öffnungsblende SP, die die Blendenzahl Fno bestimmt, ist in der dritten Objektiveinheit L3 am nächsten zur Bildseite angeordnet. Die Öffnungsblende SP ist in der dritten Objektiveinheit L3, die einen relativ kleinen Durchmesser aufweist, am nächsten zur Bildseite angeordnet, wodurch ein Durchmesser der Öffnungsblende SP kleiner gemacht werden kann.

[0056] Das Zoomobjektiv L0 gemäß dem zweiten beispielhaften Ausführungsbeispiel umfasst die erste Objektiveinheit L1, die eine positive Brechkraft aufweist, die zweite Objektiveinheit L2, die eine negative Brechkraft aufweist, und die hintere Objektivgruppe LR. Die erste Objektiveinheit L1, die zweite Objektiveinheit L2 und die hintere Objektivgruppe LR sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet. Die hintere Objektivgruppe LR umfasst die dritte Objektiveinheit L3 mit positiver Brechkraft, die vierte Objektiveinheit L4 mit negativer Brechkraft, die fünfte Objektiveinheit L5 mit positiver Brechkraft und die sechste Objektiveinheit L6 mit negativer Brechkraft. Die dritte Objektiveinheit L3, die vierte Objektiveinheit L4, die fünfte Objektiveinheit L5 und die sechste Objektiveinheit L6 sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet.

[0057] In dem zweiten beispielhaften Ausführungsbeispiel ist in der ersten Objektiveinheit L1 zusätzlich zu der Konfiguration gemäß dem ersten beispielhaften Ausführungsbeispiel eine positive Linse am nächsten zur Bildseite angeordnet. Mit dem Hinzufügen der positiven Linse wird eine sphärische Aberration insbesondere am Teleobjektivende entsprechend korrigiert.

[0058] Das Zoomobjektiv L0 gemäß dem dritten beispielhaften Ausführungsbeispiel umfasst die erste Objektiveinheit L1, die eine positive Brechkraft aufweist, die zweite Objektiveinheit L2, die eine negative Brechkraft aufweist, und die hintere Objektivgruppe LR. Die erste Objektiveinheit L1, die zweite Objektiveinheit L2 und die hintere Objektivgruppe LR sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet. Die hintere Objektivgruppe LR umfasst die dritte Objektiveinheit L3 mit positiver Brechkraft, die vierte Objektiveinheit L4 mit negativer Brechkraft und die fünfte Objektiveinheit L5 mit negativer Brechkraft. Die dritte Objektiveinheit L3, die vierte Objektiveinheit L4 und die fünfte Objektiveinheit L5 sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet.

[0059] In dem dritten beispielhaften Ausführungsbeispiel enthält die zweite Objektiveinheit L2 zwei Linsen, wodurch das Gewicht des Zoomobjektivs L0 reduziert wird.

[0060] Das Zoomobjektiv L0 gemäß dem vierten beispielhaften Ausführungsbeispiel umfasst die erste Objektiveinheit L1, die eine positive Brechkraft aufweist, die zweite Objektiveinheit L2, die eine negative Brechkraft aufweist, und die hintere Objektivgruppe LR. Die erste Objektiveinheit L1, die zweite Objektiveinheit L2 und die hintere Objektivgruppe LR sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet. Die hintere Objektivgruppe LR umfasst die dritte Objektiveinheit L3 mit positiver Brechkraft, die vierte Objektiveinheit L4 mit positiver Brechkraft und die fünfte Objektiveinheit L5 mit negativer Brechkraft. Die dritte Objektiveinheit L3, die vierte Objektiveinheit L4 und die fünfte Objektiveinheit L5 sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet.

[0061] In dem vierten beispielhaften Ausführungsbeispiel enthält die zweite Objektiveinheit L2 fünf Linsen und die fünfte Objektiveinheit L5 vier Linsen, wodurch Fluktuationen verschiedener Aberrationen, die in der zweiten Objektiveinheit L2 und der fünften Objektiveinheit L5 während eines Zoomens auftreten, unterdrückt werden. Die vierte Objektiveinheit L4 wird während einer Fokussierung von unendlich in einen nahen Bereich in Richtung der Objektseite bewegt.

[0062] Das Zoomobjektiv L0 gemäß dem fünften beispielhaften Ausführungsbeispiel umfasst die erste Objektiveinheit L1, die eine positive Brechkraft aufweist, die zweite Objektiveinheit L2, die eine negative Brechkraft aufweist, und die hintere Objektivgruppe LR. Die erste Objektiveinheit L1, die zweite Objektiveinheit L2 und die hintere Objektivgruppe LR sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet. Die hintere Objektivgruppe LR umfasst die dritte Objektiveinheit L3 mit positiver Brechkraft.

[0063] In dem fünften beispielhaften Ausführungsbeispiel ist die Anzahl von Objektiveinheiten geringer als die in dem ersten beispielhaften Ausführungsbeispiel, und die Konfiguration, die drei Objektiveinheiten umfasst, unterdrückt eine Exzentrizität jeder Objektiveinheit, die während eines Zoomens auftritt, und verbessert eine optische Leistung.

[0064] Es sind jeweils die ersten bis fünften numerischen Beispiele beschrieben, die den ersten bis fünften beispielhaften Ausführungsbeispielen entsprechen.

[0065] In den Oberflächendaten jedes numerischen Beispiels stellt r einen Krümmungsradius jeder optischen Oberfläche dar, stellt d (mm) ein auf der Achse liegendes Intervall, bzw. einen auf der Achse liegenden Abstand oder Achsenabstand (einen Abstand auf der optischen Achse) zwischen einer m-ten Oberfläche und einer (m + 1)-ten Oberfläche dar (m ist eine Oberflächennummer, gezählt von einer Lichteinfallsseite). Darüber hinaus stellt nd einen Brechungsindex jedes optischen Elements in Bezug auf die d-Linie dar, und stellt vd eine Abbe-Zahl jedes optischen Elements dar. Die Abbe-Zahl vd eines Materials wird durch vd = (Nd - 1)/(NF - NC) ausgedrückt, wobei Nd, NF und NC jeweils Brechungsindizes bei der Fraunhofer d-, F- und C-Linie (mit Wellenlängen von 587,6 nm, 486,1 nm und 656,3 nm) sind.

[Erstes numerisches Beispiel]

Einheit: mm Oberflächendaten

Oberflächennummer	r	d	nd	vd
1	208,140	8,30	1,48749	70,2
2	-575,227	39,20		
3	117,400	11,35	1,49700	81,5

Einheit: mm Oberflächendaten

4	-270,733	2,70	1,61340	44,3
5	154,413	(variabel)		
6	-1313,396	3,50	1,80518	25,4
7	-65,332	1,40	1,77250	49,6
8	114,681	2,08		
9	-137,293	1,40	1,83481	42,7
10	893,658	(variabel)		
11	48,839	8,05	1,49700	81,5
12	-79,168	0,55		
13	301,466	1,35	1,77250	49,6
14	27,972	5,77	1,54072	47,2
15	776,993	0,48		
16	93,677	6,14	1,51823	58,9
17	-33,663	1,30	1,77250	49,6
18	-558,826	6,04		
19 (Blende)	OC)	(variabel)		
20	71,179	1,30	2,00069	25,5
21	35,239	4,65	1,61340	44,3
22	-67,501	(variabel)		
23	112,661	2,56	1,51742	52,4
24	-88,341	1,22		
25	-100,206	0,90	1,59522	67,7
26	29,728	(variabel)		
27	-43,800	1,30	1,49700	81,5
28	43,800	4,30	1,72047	34,7
29	-576,993	(variabel)		
Bildebene	∞			

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	3,82		
	Weitwinkel	Intermediate	Teleobjektiv
Brennweite	203,00	390,84	776,00
Blendenzahl	6,42	7,30	9,18
Halbblickwinkel	6,08	3,17	1,60
Bildhöhe	21,64	21,64	21,64
Gesamtobjektivlänge	331,63	390,98	421,61
BF	37,98	61,62	96,27
d5	39,49	98,84	129,47
d10	43,89	32,37	3,29
d19	46,32	45,47	47,31
d22	21,38	12,89	3,01

d26	26,74	23,95	26,42
d29	37,98	61,62	96,27

Zoomobjektiveinheitsdaten

Einheit	Startoberfläche	Brennweite
L1	1	302,68
L2	6	-71,48
L3	11	99,38
L4	20	82,71
L5	23	-66,78
L6	27	-203,48

[Zweites numerisches Beispiel]

Einheit: mm Oberflächendaten

Oberflächennummer	r	d	nd	vd
1	144,748	9,32	1,48749	70,2
2	∞	48,43		
3	89,287	10,89	1,49700	81,6
4	-847,726	3,00	1,61340	44,3
5	74,191	1,97		
6	100,080	4,93	1,51823	58,9
7	174,640	(variabel)		
8	∞	4,76	1,65412	39,7
9	-63,154	2,00	1,58913	61,1
10	767,732	3,37		
11	682,775	1,50	1,72916	54,7
12	82,889	2,86		
13	-101,488	1,50	1,69680	55,5
14	101,488	3,53	1,78472	25,7
15	∞	(variabel)		
16	49,739	7,15	1,49700	81,6
17	-138,331	0,19		
18	64,996	1,70	1,72916	54,7
19	27,598	9,12	1,53775	74,7
20	-231,045	0,97		
21	-86,744	1,90	1,90525	35,0
22	1464,098	16,96		
23 (Blende)	∞	24,36		
24	64,330	4,61	1,61340	44,3
25	-43,939	1,30	1,89190	37,1
26	-157,290	(variabel)		
27	271,506	2,33	1,85478	24,8

Einheit: mm Oberflächendaten

28	-74,228	1,00	1,83481	42,7
29	39,368	(variabel)		
30	67,122	1,70	1,92286	20,9
31	38,251	6,33	1,65412	39,7
32	-60,563	(variabel)		
33	-76,617	1,30	1,59522	67,7
34	166,663	1,15		
35	-165,426	1,50	1,59522	67,7
36	23,838	6,86	1,61340	44,3
37	181,816	(variabel)		
Bildebene	∞			

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	3,7		
	Weitwinkel	Intermediate	Teleobjektiv
Brennweite	206,00	384,91	778,20
Blendenzahl	5,71	6,70	9,18
Halbblickwinkel	6,00	3,22	1,59
Bildhöhe	21,64	21,64	21,64
Gesamtobjektivlänge	330,11	387,57	420,11
BF	40,03	58,26	96,02
d7	7,95	65,40	97,95
d15	41,76	29,34	2,97
d26	15,09	8,51	3,09
d29	17,80	24,37	29,79
d32	18,99	13,18	1,79
d37	40,03	58,26	96,02

Zoomobjektiveinheitsdaten

Einheit	Startoberfläche	Brennweite
L1	1	298,92
L2	8	-73,88
L3	16	72,61
L4	27	-56,61
L5	30	58,15
L6	33	-55,76

[Drittes numerisches Beispiel]

Einheit: mm Oberflächendaten

Oberflächennummer	r	d	nd	vd
1	276,825	6,18	1,48749	70,2

Einheit: mm Oberflächendaten

2	-600,775	39,20		
3	119,101	7,36	1,49700	81,5
4	-496,322	2,70	1,61340	44,3
5	164,850	(variabel)		
6	-189,115	2,24	1,80518	25,4
7	-66,169	1,40	1,77250	49,6
8	121,138	(variabel)		
9	51,485	7,45	1,49700	81,5
10	-90,684	1,12		
11	380,120	1,35	1,77250	49,6
12	30,296	5,13	1,54072	47,2
13	443,836	0,73		
14	110,891	5,53	1,51823	58,9
15	-37,072	1,30	1,77250	49,6
16	-296,706	9,32		
17 (Blende)	∞	41,15		
18	66,591	1,30	2,00069	25,5
19	34,650	3,94	1,61340	44,3
20	-83,966	(variabel)		
21	93,250	2,61	1,51742	52,4
22	-71,258	1,88		
23	-69,994	0,90	1,59522	67,7
24	28,582	(variabel)		
25	-179,806	1,30	1,49700	81,5
26	30,669	3,65	1,72047	34,7
27	75,036	(variabel)		
Bildebene	∞			

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	2,46		
	Weitwinkel	Intermediate	Teleobjektiv
Brennweite	203,01	395,08	500,04
Blendenzahl	6,43	8,04	9,18
Halbblickwinkel	6,08	3,13	2,48
Bildhöhe	21,64	21,64	21,64
Gesamtobjektivlänge	321,37	404,17	420,39
BF	37,99	62,27	74,98
d5	39,40	122,19	138,42
d8	49,99	41,02	32,90
d20	17,25	6,96	3,00
d24	28,99	23,97	23,34
d27	37,99	62,27	74,98

Zoomobjektiveinheit

Einheit	Startoberfläche	Brennweite
L1	1	342,38
L2	6	-98,13
L3	9	76,09
L4	21	-64,30
L5	25	-200,31

[Viertes numerisches Beispiel]

Einheit: mm Oberflächendaten

Oberflächennummer	r	d	nd	vd
1	141,629	9,15	1,51823	58,9
2	7683,053	46,38		
3	114,796	9,86	1,49700	81,5
4	-3,656	2,70	1,61340	44,3
5	80,183	1,45		
6	101,475	5,71	1,49700	81,5
7	193,888	(variabel)		
8	56,915	5,47	1,59270	35,3
9	2310,622	0,97		
10	245,283	1,65	1,83481	42,7
11	59,448	3,29		
12	119,146	1,65	1,71989	55,4
13	74,599	3,31		
14	-108,591	1,65	1,65394	60,9
15	89,528	2,66	1,84666	23,8
16	185,266	(variabel)		
17	81,580	5,72	1,49700	81,5
18	-103,333	0,20		
19	61,959	6,95	1,49700	81,5
20	-70,310	1,80	1,90043	37,4
21	252,967	30,62		
22 (Blende)	OC)	4,93		
23	-35,634	1,30	1,60311	60,6
24	44,939	6,76	1,52584	49,7
25	-32,909	0,20		
26	-43,510	1,95	1,48749	70,2
27	-37,860	(variabel)		
28	155,017	5,70	1,57714	42,3
29	-23,967	1,20	1,95375	32,3
30	-60,504	2,43		
31	-31,133	2,56	1,58896	35,9
32	-26,486	(variabel)		

Einheit: mm Oberflächendaten

33	-106,469	1,00	1,53775	74,7
34	19,932	5,81	1,51653	52,8
35	122,631	3,44		
36	-50,383	1,50	1,49700	81,5
37	30,867	5,46	1,51257	54,7
38	-294,673	(variabel)		
Bildebene	∞			

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	3,77		
	Weitwinkel	Intermediate	Teleobjektiv
Brennweite	206,02	384,95	775,89
Blendenzahl	5,77	6,80	9,20
Halbblickwinkel	5,99	3,22	1,60
Bildhöhe	21,64	21,64	21,64
Gesamtobjektivlänge	326,81	380,44	419,36
BF	31,57	53,56	91,89
d7	8,62	62,25	101,18
d26	44,19	28,14	2,21
d27	18,16	26,33	35,76
d32	38,86	24,76	2,93
d38	31,57	53,56	91,89

Zoomobjektiveinheit

Einheit	Startoberfläche	Brennweite
L1	1	342,32
L2	8	-89,16
L3	17	102,74
L4	28	130,20
L5	33	-54,45

[Fünftes numerisches Beispiel]

Einheit: mm Oberflächendaten

Oberflächennummer	r	d	nd	vd
1	218,302	5,89	1,48749	70,2
2	-738,944	39,20		
3	251,266	6,97	1,49700	81,5
4	-222,883	2,70	1,61340	44,3
5	337,588	(variabel)		
6	453,827	3,22	1,80518	25,4
7	-79,739	1,40	1,77250	49,6
8	100,533	2,43		

Einheit: mm Oberflächendaten

9	-89,220	1,40	1,83481	42,7
10	-393,480	(variabel)		
11	44,461	7,61	1,49700	81,5
12	-88,855	0,55		
13	216,893	1,35	1,77250	49,6
14	25,104	5,51	1,54072	47,2
15	200,999	0,45		
16	61,022	6,50	1,51823	58,9
17	-32,801	1,30	1,77250	49,6
18	912,404	11,86		
19 (Blende)	OC)	23,62		
20	134,867	1,30	2,00069	25,5
21	50,424	4,79	1,61340	44,3
22	-57,225	14,54		
23	-67,250	1,98	1,51742	52,4
24	-38,172	10,00		
25	-33,025	0,90	1,59522	67,7
26	-6071,683	29,02		
27	-40,861	1,30	1,49700	81,5
28	49,832	3,84	1,72047	34,7
29	-471,630	(variabel)		
Bildebene	∞			

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	3,93		
	Weitwinkel	Intermediate	Teleobjektiv
Brennweite	152,68	299,59	600,00
Blendenzahl	6,34	8,05	9,18
Halbblickwinkel	8,07	4,13	2,07
Bildhöhe	21,64	21,64	21,64
Gesamtobjektivlänge	331,63	386,74	427,64
BF	39,31	65,54	82,78
d5	35,90	93,92	153,22
d10	66,79	37,64	2,00
d29	39,31	65,54	82,78

Zoomobjektiveinheitsdaten

Einheit	Startoberfläche	Brennweite
L1	1	379,81
L2	6	-78,52
L3	11	62,16

[0066] Tabelle 1 gibt verschiedene Arten von Werten gemäß den oben beschriebenen beispielhaften Ausführungsbeispielen an.

[Tabelle 1]

	Ausdruck	1. beispielhaftes Ausführungsbeispiel	2. beispielhaftes Ausführungsbeispiel	3. beispielhaftes Ausführungsbeispiel	4. beispielhaftes Ausführungsbeispiel	5. beispielhaftes Ausführungsbeispiel
Ungleichung (1)	TD12t/TG12	6,960	4,731	9,936	4,867	10,030
Ungleichung (2)	TD1/TD2	7,348	4,022	15,245	3,645	6,479
Ungleichung (3)	m1/f1	0,297	0,301	0,289	0,270	0,253
Ungleichung (4)	f1/fw	1,491	1,451	1,686	1,662	2,488
Ungleichung (5)	f2/fw	-0,352	-0,359	-0,483	-0,433	-0,514
Ungleichung (6)	ft/TTDw	2,340	2,357	1,556	2,374	1,809
Ungleichung (7)	ft/skw	20,433	19,439	13,164	24,576	15,265
Ungleichung (8)	TTDw/skw	8,733	8,246	8,460	10,351	8,437
Ungleichung (9)	D1max/TD1	0,637	0,617	0,707	0,616	0,716
Ungleichung (10)	$\lvert(1-\beta ft^2)\beta rt^2\rvert$	10,261	10,400	7,447	4,299	6,023
Ungleichung (11)	G1d	2,460	2,460	2,460	2,480	2,460
	TD12t	199,399	196,009	197,496	197,065	216,434
	TG12	28,650	41,427	19,878	40,491	21,579
	TD1	61,550	78,536	55,441	75,245	54,762
	TD2	8,377	19,526	3,637	20,644	8,452
	m1	89,979	90,001	99,021	92,553	96,003
	f1	302,680	298,915	342,378	342,325	379,811
	f2	-71,481	-73,881	-98,129	-89,157	-78,520
	fw	203,002	206,000	203,012	206,021	152,679
	ft	775,996	778,200	500,042	775,890	599,999
	TTDw	331,633	330,112	321,374	326,807	331,633
	skw	37,977	40,033	37,987	31,572	39,306
	01max	39,200	48,433	39,200	46,385	39,200
	βft	2,360	4,184	2,233	0,685	1,891
	βrt	1,498	0,794	1,367	2,845	1,529

[Bildgebendes Gerät]

[0067] Als nächstes ist ein Beispiel einer digitalen Standbildkamera (eines bildgebenden Geräts) unter Verwendung des Zoomobjektivs L0 gemäß einem der beispielhaften Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als ein bildgebendes optisches System, bzw. optisches Bildgebungssystem unter Bezugnahme auf **Fig.** 11 beschrieben. **Fig.** 11 veranschaulicht ein bildgebendes optisches System 11 unter Verwendung eines der in den ersten bis fünften beispielhaften Ausführungsbeispielen beschriebenen Zoomobjektive L0. Eine Bildaufnahmevorrichtung (eine photoelektrische Umwandlungsvorrichtung) 12, wie z. B. ein ladungsgekoppelter (charge-coupled device, CCD) -Sensor oder ein komplementärer Metall-Oxid-Halbleiter- (complementary metal-oxide semiconductor, CMOS-) Sensor, ist in ein Kamerakörper 10 eingebaut, empfängt ein von dem bildgebenden optischen System 11 erzeugtes optisches Bild und wandelt das optische Bild photoelektrisch um. Der Kamerakörper 10 kann eine Einzelobjektiv-Spiegelreflexkamera mit einem Schnelldrehspiegel (engl. quick turn mirror) oder eine spiegellose Kamera ohne den Schnelldrehspiegel sein.

[0068] Auf diese Weise ermöglicht die Anwendung des Zoomobjektivs L0 gemäß einem der beispielhaften Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung auf ein bildgebendes Gerät, wie z. B. eine digitale Standbildkamera, das Erhalten von hochauflösenden Weitwinkelbildern.

[0069] Während die beispielhaften Ausführungsbeispiele und Beispiele der vorliegenden Erfindung oben beschrieben wurden, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese beispielhaften Ausführungsbeispiele und Beispiele beschränkt und kann auf verschiedene Weise kombiniert, modifiziert und verändert werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0070] Während die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf beispielhafte Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, gilt es zu verstehen, dass die Erfindung nicht auf die offengelegten beispielhaften Ausführungsbeispiele beschränkt ist. Der Umfang der folgenden Ansprüche ist so weit wie möglich auszulegen, um alle derartigen Modifikationen und gleichwertige Strukturen und Funktionen zu umfassen.

[0071] Ein Zoomobjektiv umfasst eine erste Objektiveinheit mit positiver Brechkraft, eine zweite Objektiveinheit mit negativer Brechkraft und eine hintere Objektivgruppe mit einer oder mehreren Objektiveinheiten. Die erste Objektiveinheit, die zweite Objektiveinheit und die hintere Objektivgruppe sind in der Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite angeordnet. Intervalle zwischen benachbarten Objektiveinheiten ändern sich beim Zoomen. Die erste Objektiveinheit ist dazu eingerichtet, sich während des Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleobjektivende in Richtung der Objektseite zu bewegen. Die zweite Objektiveinheit umfasst drei oder mehr Linsen. Das Zoomobjektiv erfüllt vorbestimmte Ungleichungen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 200986537 [0003]

Patentansprüche

1. Zoomobjektiv mit einer ersten Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, einer zweiten Objektiveinheit, die eine negative Brechkraft aufweist, und einer hinteren Objektivgruppe, die eine oder mehrere Objektiveinheiten enthält, wobei die erste Objektiveinheit, die zweite Objektiveinheit und die hintere Objektivgruppe in einer Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite angeordnet sind,
wobei sich Intervalle zwischen benachbarten Objektiveinheiten während eines Zoomens ändern,
wobei die erste Objektiveinheit dazu eingerichtet ist, sich während eines Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleobjektivende in Richtung der Objektseite zu bewegen,
wobei die zweite Objektiveinheit drei oder mehr Linsen enthält, und
wobei die folgenden Ungleichungen erfüllt sind:

$$4{,}3 < TD12t/TG12 < 12{,}0$$

und

$$3{,}6 < TD1/TD2 < 30{,}0,$$

wobei TD12t ein Abstand auf einer optischen Achse von einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in der ersten Objektiveinheit angeordnet ist, zu einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der zweiten Objektiveinheit am Teleobjektivende angeordnet ist, ist, TG12 eine Gesamtsumme von Dicken, auf der optischen Achse, von Linsen ist, die in der ersten Objektiveinheit und der zweiten Objektiveinheit enthalten sind, TD1 ein Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in der ersten Objektiveinheit angeordnet ist, zu einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der ersten Objektiveinheit angeordnet ist, ist, und TD2 ein Abstand auf der optischen Achse von einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in der zweiten Objektiveinheit angeordnet ist, zu der Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der zweiten Objektiveinheit angeordnet ist, ist.

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

$$0{,}1 < m1/f1 < 0{,}5,$$

wobei m1 ein Absolutwert eines Bewegungsausmaßes der ersten Objektiveinheit während des Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende ist, und f1 eine Brennweite der ersten Objektiveinheit ist.

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

$$1{,}0 < f1/fw < 3{,}0,$$

wobei f1 eine Brennweite der ersten Objektiveinheit ist, und fw eine Brennweite eines gesamten Systems an dem Weitwinkelende ist.

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

$$-1{,}0 < f2 / fw < -0{,}2,$$

wobei f2 eine Brennweite der zweiten Objektiveinheit ist, und fw eine Brennweite eines gesamten Systems an dem Weitwinkelende ist.

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

$$1{,}0 < ft / TTDw < 3{,}5,$$

wobei ft eine Brennweite eines gesamten Systems an dem Teleobjektivende ist, und TTDw ein Abstand auf der optischen Achse von einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite angeordnet ist, zu einer Bildebene an dem Weitwinkelende ist.

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

$$8{,}0 < ft / skw < 35{,}0,$$

wobei ft eine Brennweite eines gesamten Systems an dem Teleobjektivende ist, und skw ein Back-Fokus an dem Weitwinkelende ist.

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

$$5{,}0 < TTDw / skw < 20{,}0,$$

wobei TTDw ein Abstand auf der optischen Achse von einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite angeordnet ist, zu einer Bildebene an dem Weitwinkelende ist, und skw ein Back-Fokus an dem Weitwinkelende ist.

8. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0{,}4 < D1max / TD1 < 0{,}9,$$

wobei Dimax ein größter Luftspalt auf der optischen Achse in der ersten Objektiveinheit ist.

9. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 8, ferner mit einer Fokussiereinheit, die dazu eingerichtet ist, sich während einer Fokussierung zu bewegen, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$4{,}0 < \left|\left(1-\beta ft^2\right)\times \beta rt^2\right| < 20{,}0,$$

wobei βft eine laterale Vergrößerung der Fokussiereinheit an dem Teleobjektivende ist, und βrt eine kombinierte laterale Vergrößerung von allen den Objektiveinheiten ist, die näher zur Bildseite angeordnet sind als die Fokussiereinheit an dem Teleobjektivende.

10. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$2{,}0 < G1d < 3{,}0,$$

wobei G1d eine spezifische Dichte eines Materials einer Linse ist, die am nächsten zur Objektseite in der ersten Objektiveinheit angeordnet ist.

11. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
wobei die erste Objektiveinheit eine positive Linse A, die am nächsten zur Objektseite angeordnet ist, und eine positive Linse B, die benachbart zu der positiven Linse A angeordnet ist, enthält, und
wobei die positive Linse A und die positive Linse B mit einem größten Luftspalt auf der optischen Achse in der ersten Objektiveinheit dazwischen angeordnet sind.

12. Zoomobjektiv nach Anspruch 11, wobei die erste Objektiveinheit die positive Linse A, die positive Linse B und eine negative Linse enthält, die in der Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite angeordnet sind.

13. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die zweite Objektiveinheit während eines Zoomens fixiert ist.

14. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die hintere Objektivgruppe eine dritte Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, eine vierte Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, eine fünfte Objektiveinheit, die eine negative Brechkraft aufweist, und eine sechste Objektiveinheit, die eine negative Brechkraft aufweist, umfasst.

15. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die hintere Objektivgruppe eine dritte Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, eine vierte Objektiveinheit, die eine negative Brechkraft aufweist, eine fünfte Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, und eine sechste Objektiveinheit, die eine negative Brechkraft aufweist, umfasst.

16. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die hintere Objektivgruppe eine dritte Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, eine vierte Objektiveinheit, die eine negative Brechkraft aufweist, und eine fünfte Objektiveinheit, die eine negative Brechkraft aufweist, umfasst.

17. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die hintere Objektivgruppe eine dritte Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, eine vierte Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, und eine fünfte Objektiveinheit, die eine negative Brechkraft aufweist, umfasst.

18. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die hintere Objektivgruppe eine dritte Objektiveinheit, die eine positive Brechkraft aufweist, umfasst.

19. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 18, ferner mit einer Öffnungsblende, die zwischen einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Objektseite in einer dritten Objektiveinheit angeordnet ist, und einer Linsenoberfläche, die am nächsten zur Bildseite in der dritten Objektiveinheit angeordnet ist, angeordnet ist, oder die näher zur Bildseite angeordnet ist als die dritte Objektiveinheit, wobei die dritte Objektiveinheit in der hinteren Objektivgruppe enthalten ist.

20. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei Oberflächen aller in dem Zoomobjektiv enthaltenen Linsen sphärisch geformt sind.

21. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei ein Ganzes oder ein Abschnitt der zweiten Objektiveinheit dazu eingerichtet ist, sich zu bewegen, um während einer Korrektur eines Bildverwackelns eine Komponente in einer Richtung senkrecht zu der optischen Achse zu enthalten.

22. Bildgebendes Gerät, mit:
dem Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 21; und
einem Bildsensor, der dazu eingerichtet ist, ein durch das Zoomobjektiv erzeugtes optisches Bild zu empfangen.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

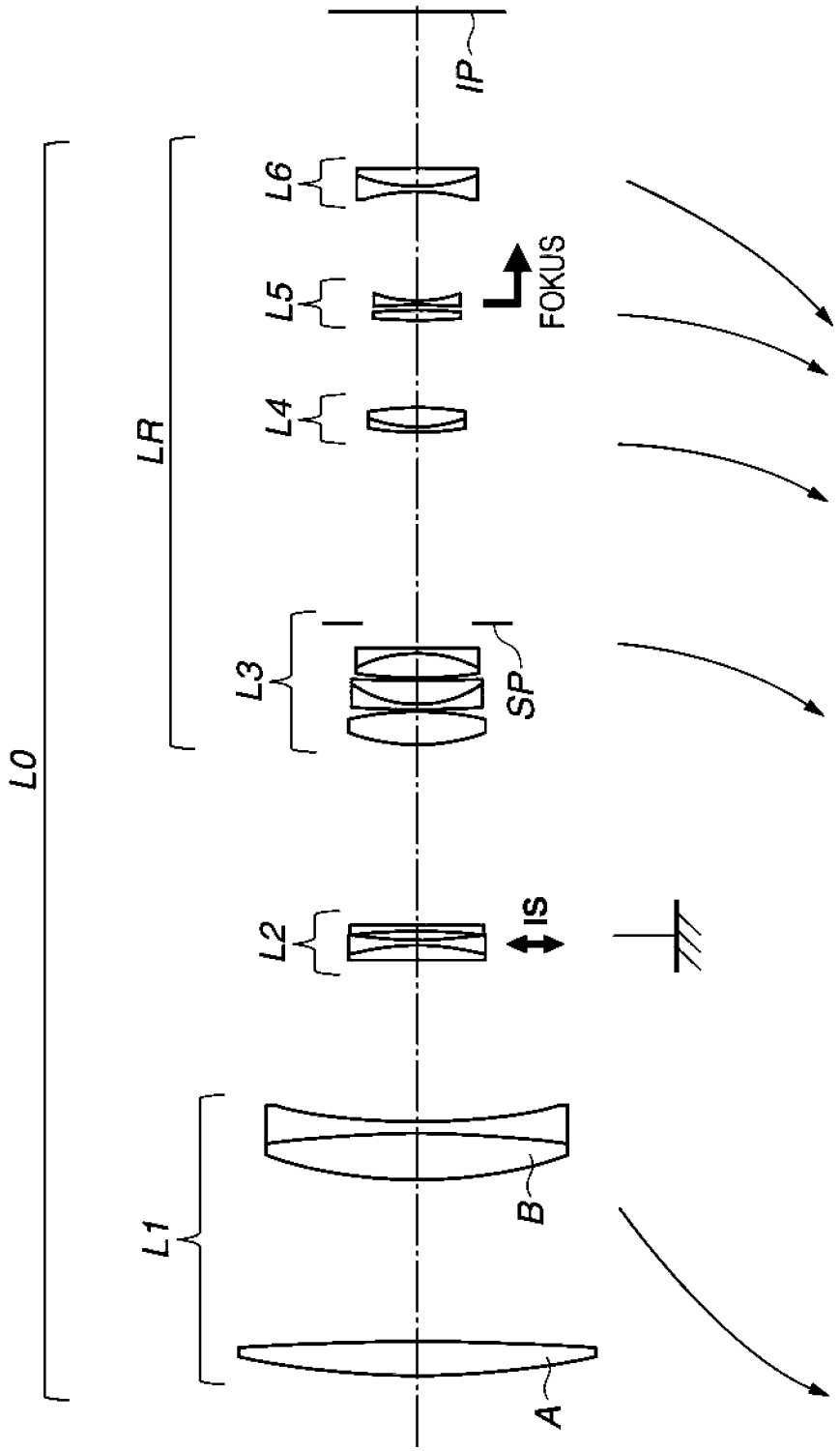


FIG.2A

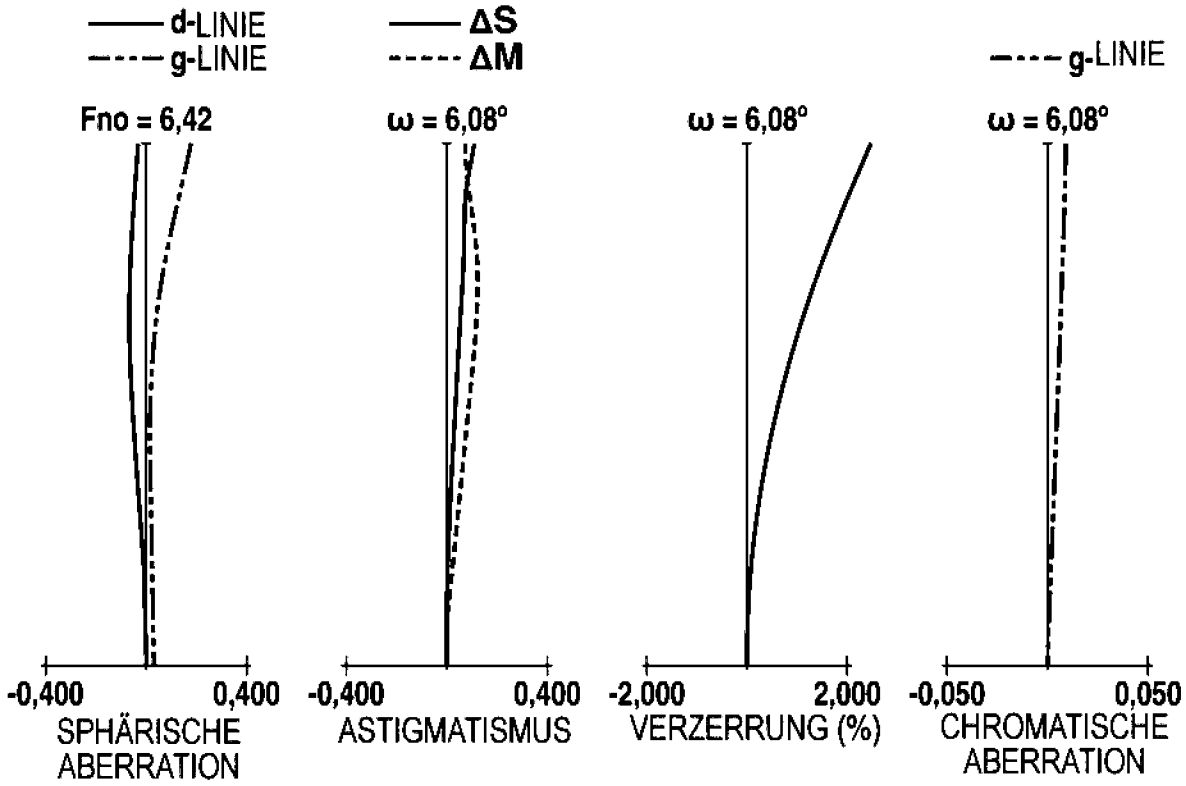

d-LINIE
g-LINIE
ΔS
ΔM
g-LINIE
Fno = 6,42
ω = 6,08°
ω = 6,08°
ω = 6,08°
-0,400
0,400
SPHÄRISCHE ABERRATION
-0,400
0,400
ASTIGMATISMUS
-2,000
2,000
VERZERRUNG (%)
-0,050
0,050
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG.2B

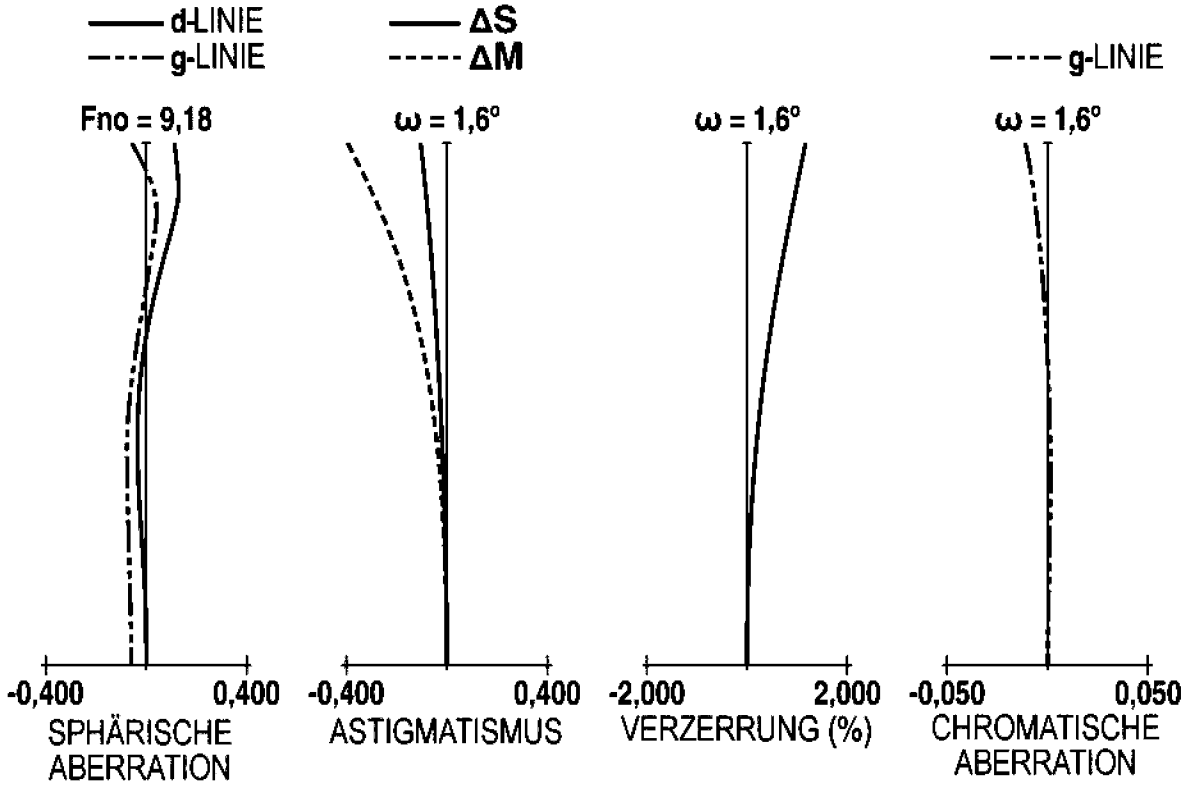

d-LINIE
g-LINIE
ΔS
ΔM
g-LINIE
Fno = 9,18
ω = 1,6°
ω = 1,6°
ω = 1,6°
-0,400
0,400
SPHÄRISCHE ABERRATION
-0,400
0,400
ASTIGMATISMUS
-2,000
2,000
VERZERRUNG (%)
-0,050
0,050
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG.3

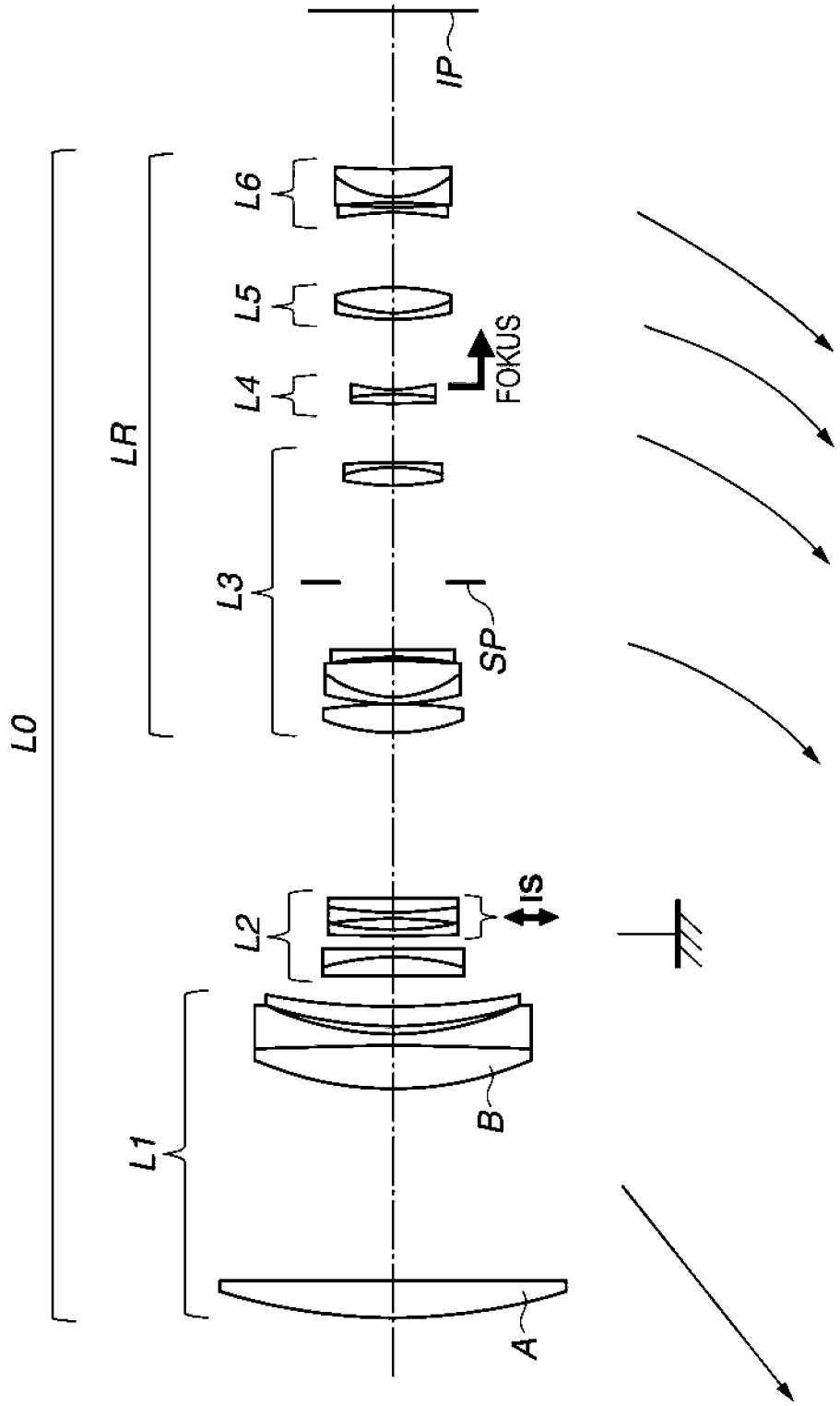


FIG.4A

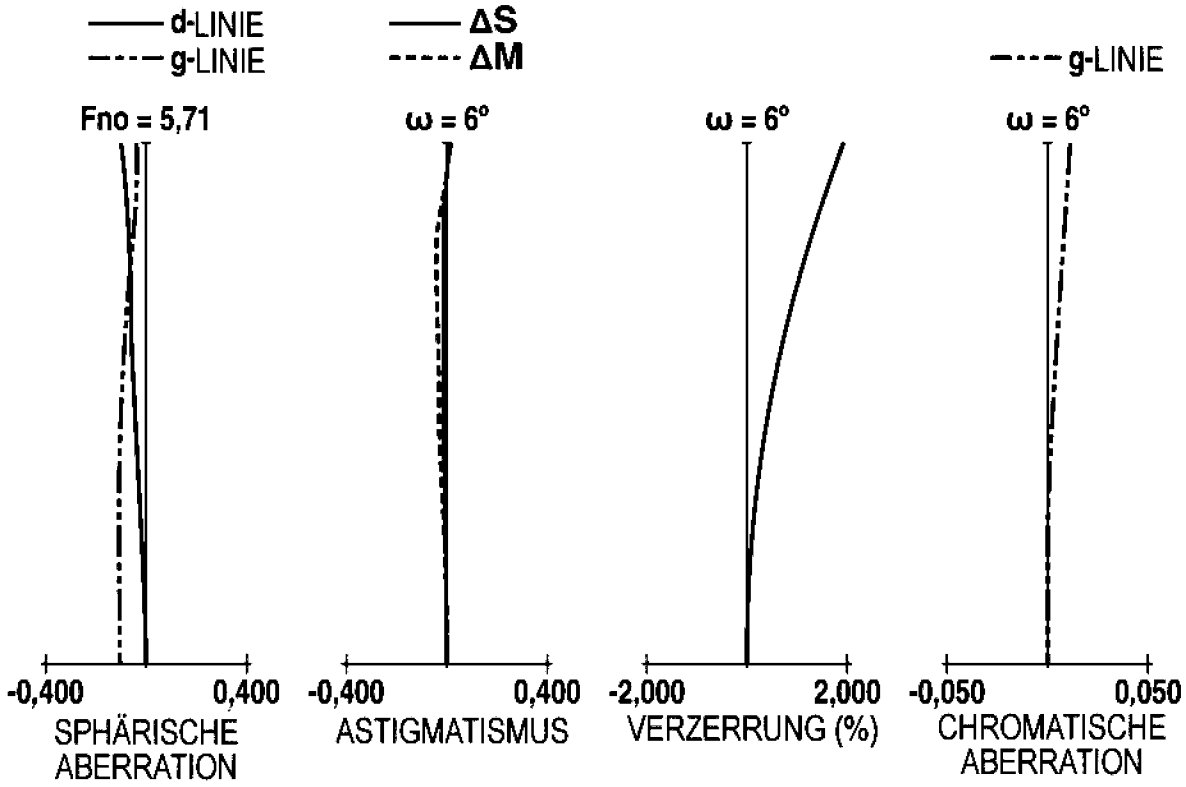

d-LINIE
g-LINIE
ΔS
ΔM
g-LINIE
Fno = 5,71
ω = 6°
ω = 6°
ω = 6°
-0,400
0,400
SPHÄRISCHE ABERRATION
-0,400
0,400
ASTIGMATISMUS
-2,000
2,000
VERZERRUNG (%)
-0,050
0,050
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG.4B

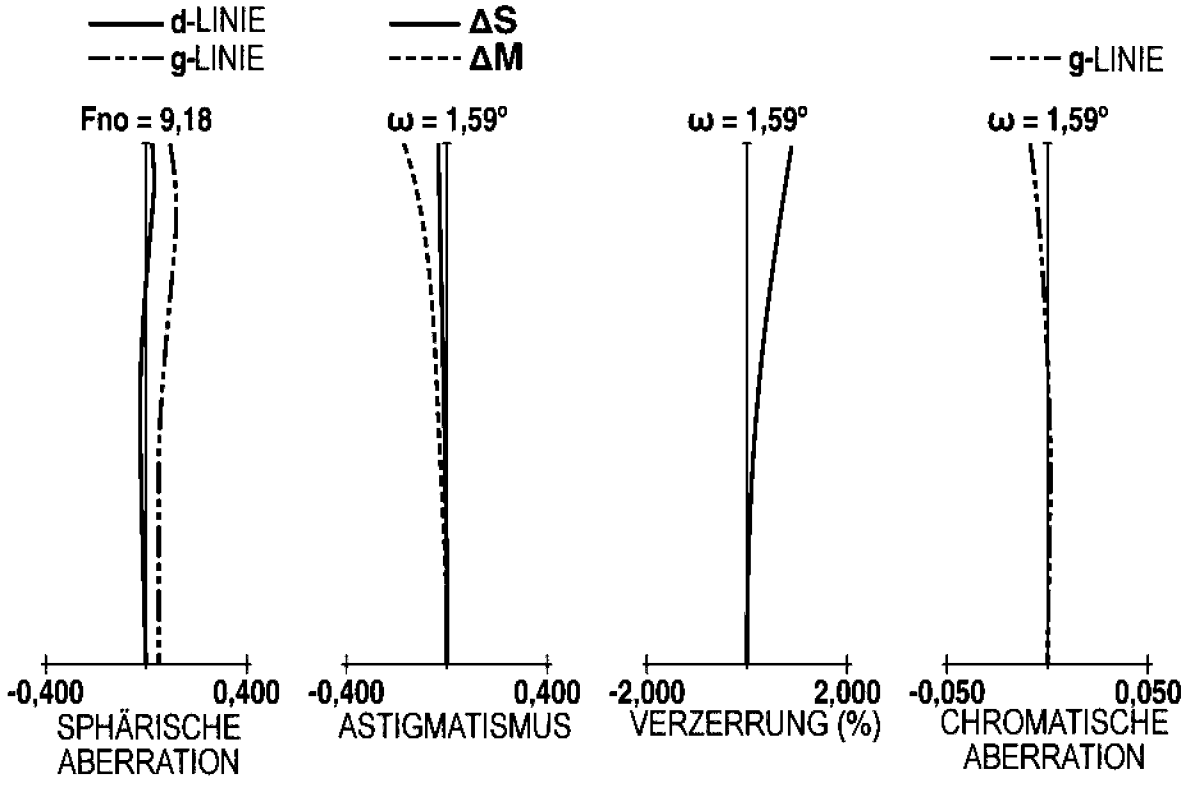

d-LINIE
g-LINIE
ΔS
ΔM
g-LINIE
Fno = 9,18
ω = 1,59°
ω = 1,59°
ω = 1,59°
-0,400
0,400
SPHÄRISCHE ABERRATION
-0,400
0,400
ASTIGMATISMUS
-2,000
2,000
VERZERRUNG (%)
-0,050
0,050
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG.5

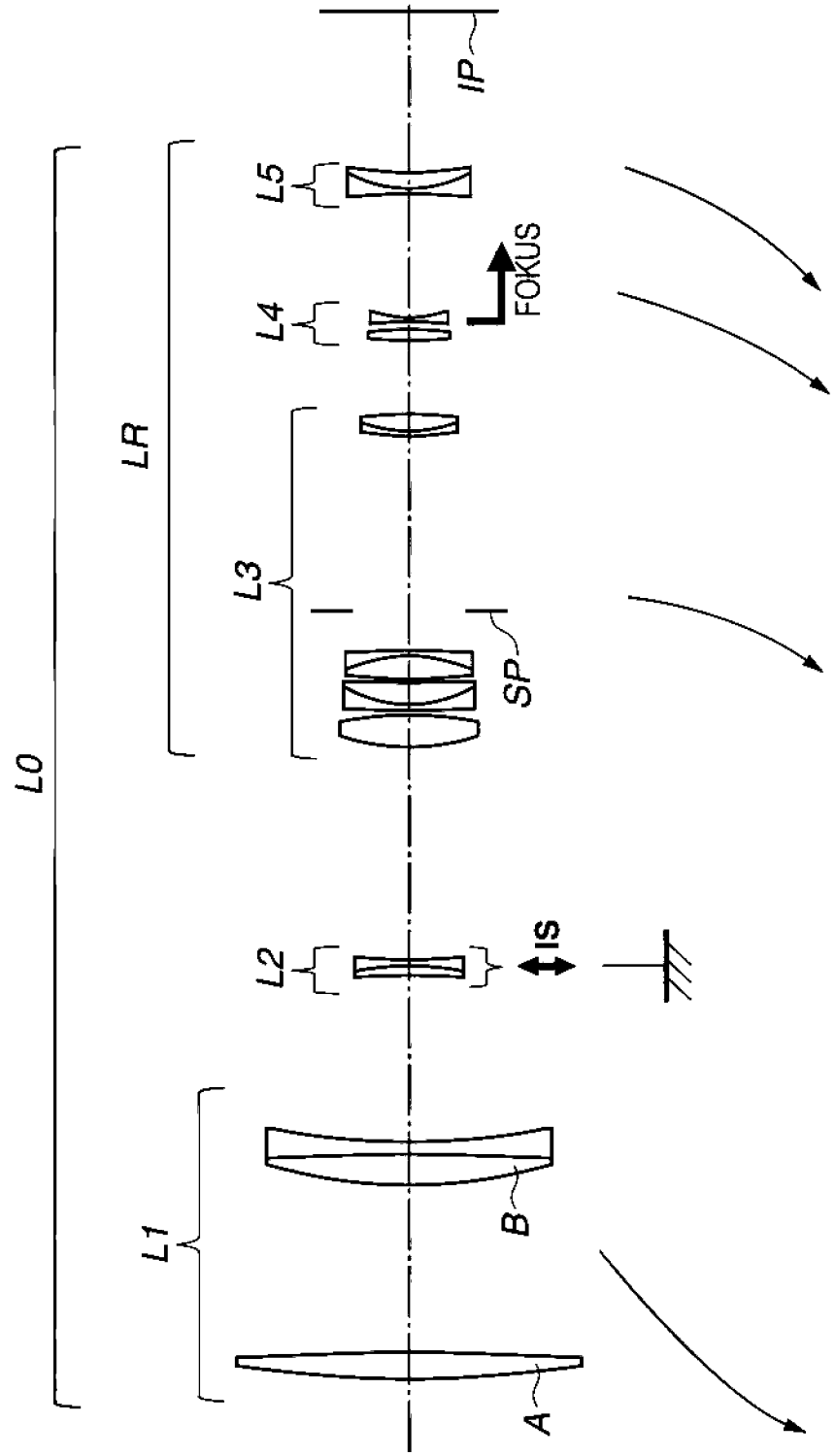


FIG.6A

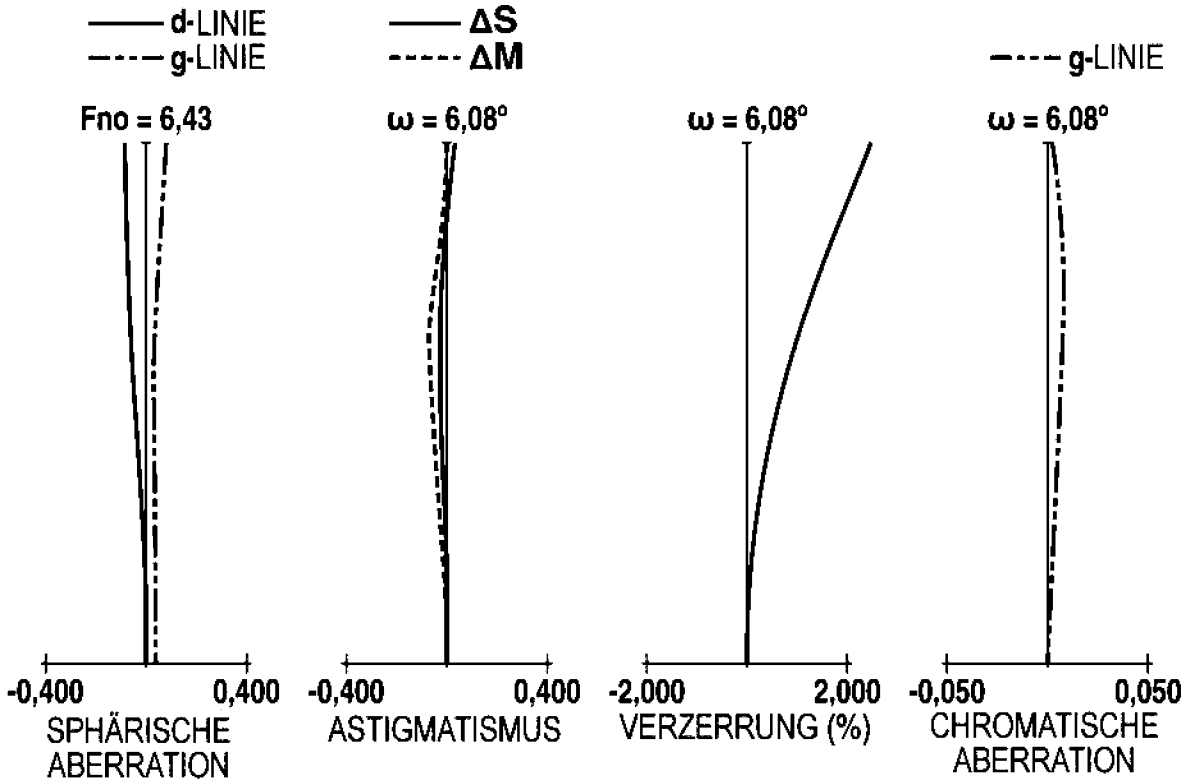

d-LINIE
g-LINIE
ΔS
ΔM
g-LINIE
Fno = 6,43
ω = 6,08°
ω = 6,08°
ω = 6,08°
-0,400
0,400
SPHÄRISCHE ABERRATION
-0,400
0,400
ASTIGMATISMUS
-2,000
2,000
VERZERRUNG (%)
-0,050
0,050
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG.6B

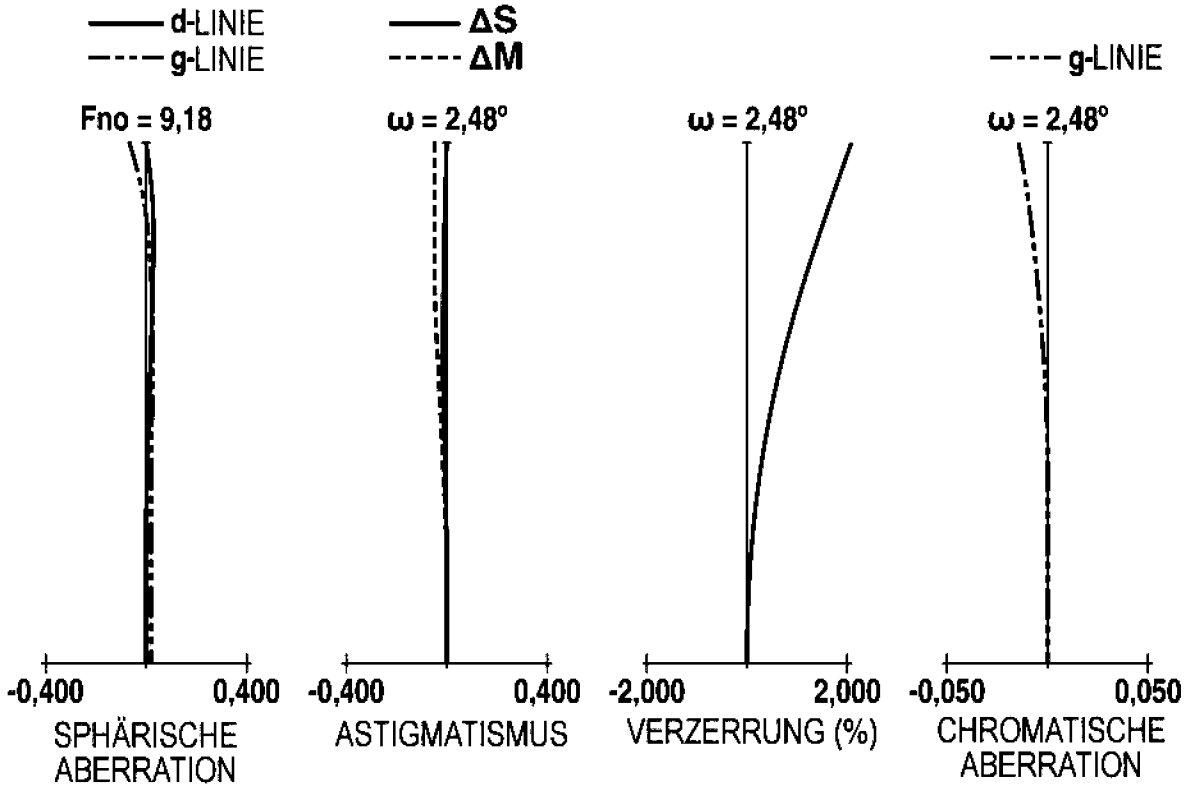

d-LINIE
g-LINIE
ΔS
ΔM
g-LINIE
Fno = 9,18
ω = 2,48°
ω = 2,48°
ω = 2,48°
-0,400
0,400
SPHÄRISCHE ABERRATION
-0,400
0,400
ASTIGMATISMUS
-2,000
2,000
VERZERRUNG (%)
-0,050
0,050
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG.7

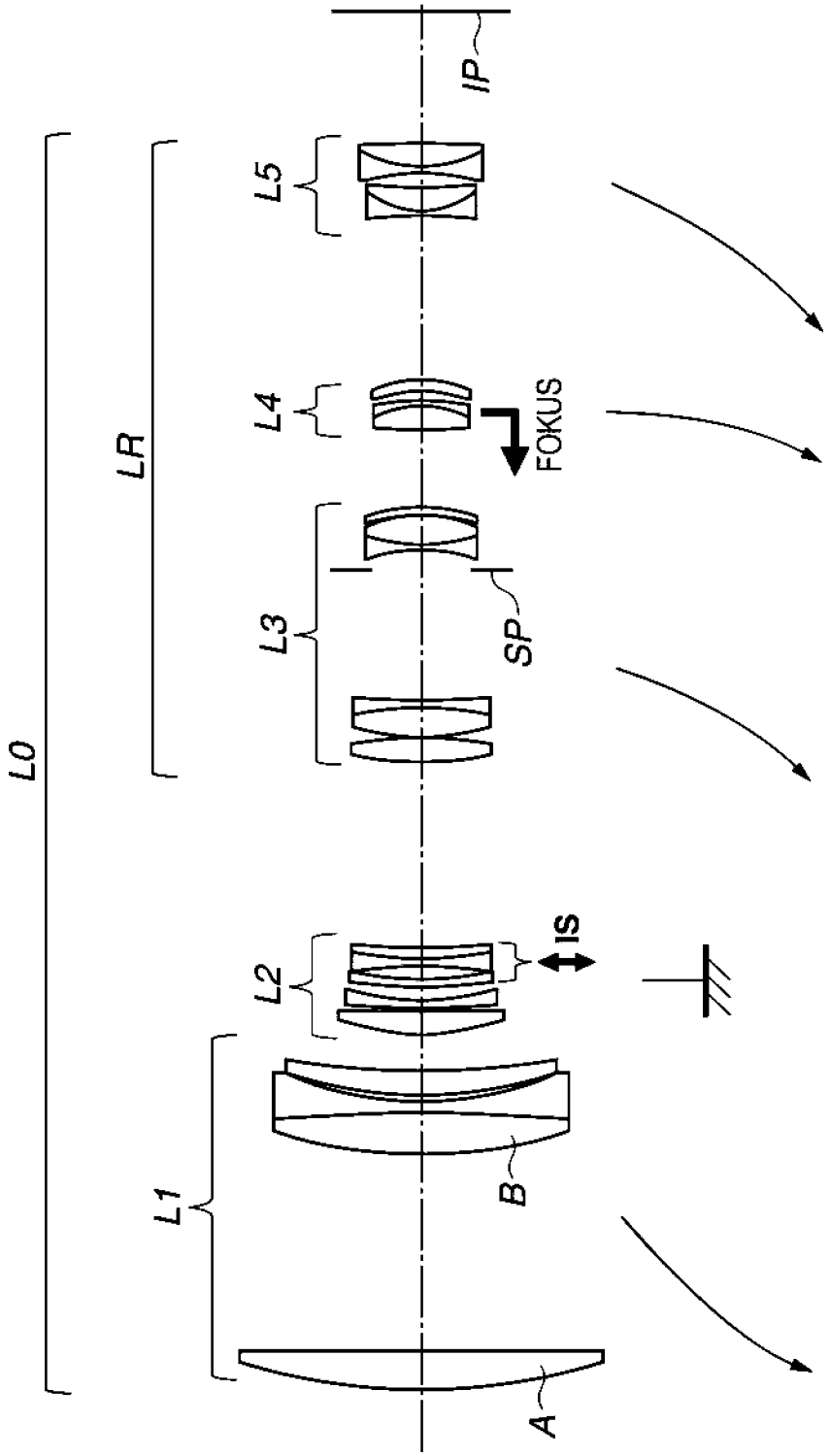


FIG.8A

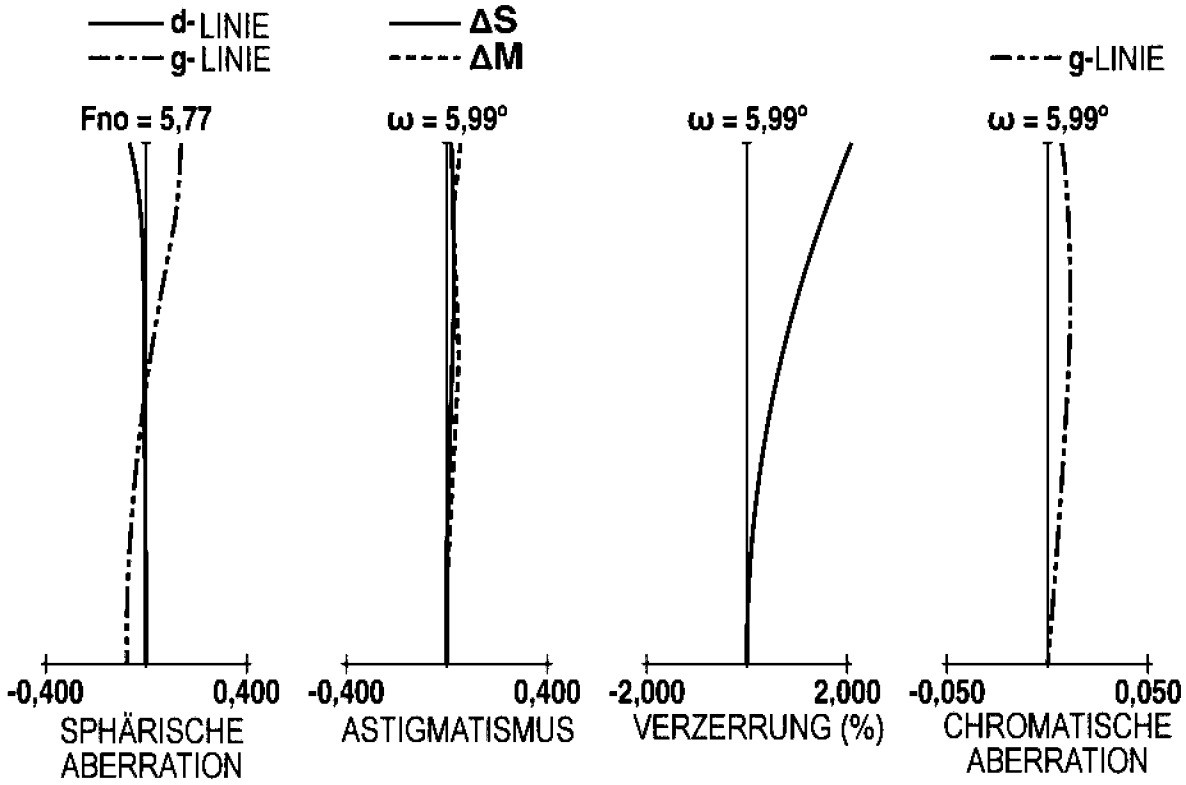

d-LINIE
g-LINIE
ΔS
ΔM
g-LINIE
Fno = 5,77
ω = 5,99°
ω = 5,99°
ω = 5,99°
-0,400
0,400
SPHÄRISCHE ABERRATION
-0,400
0,400
ASTIGMATISMUS
-2,000
2,000
VERZERRUNG (%)
-0,050
0,050
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG.8B

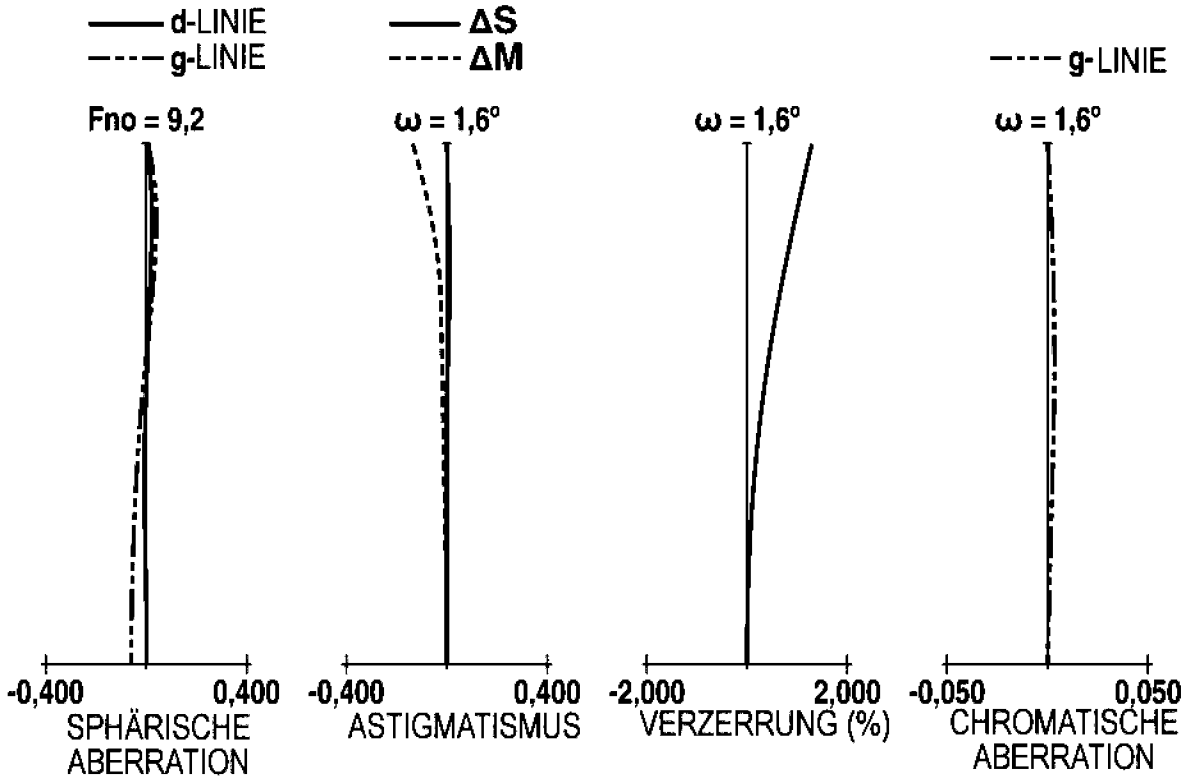

d-LINIE
g-LINIE
ΔS
ΔM
g-LINIE
Fno = 9,2
ω = 1,6°
ω = 1,6°
ω = 1,6°
-0,400
0,400
SPHÄRISCHE ABERRATION
-0,400
0,400
ASTIGMATISMUS
-2,000
2,000
VERZERRUNG (%)
-0,050
0,050
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG.9

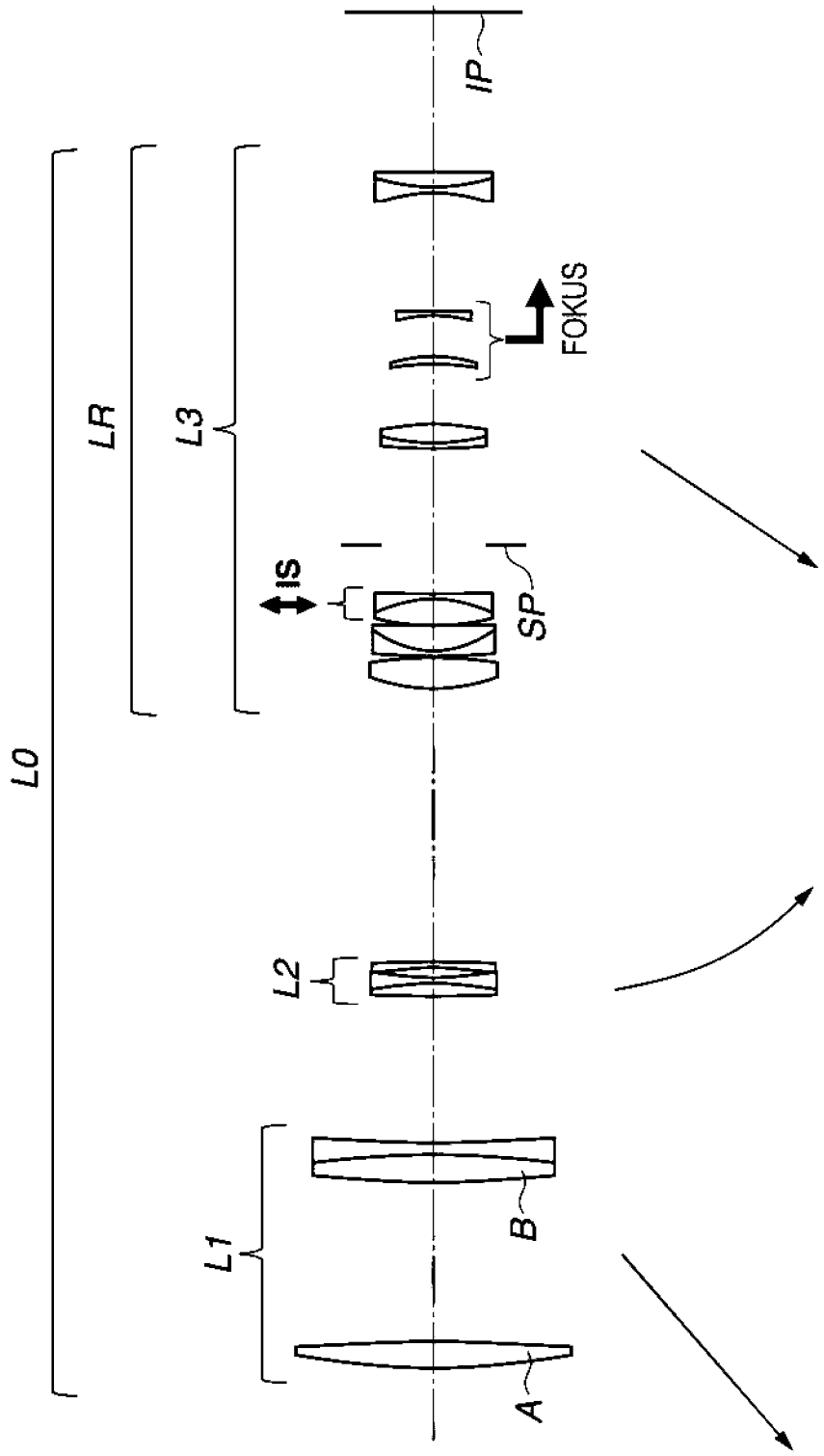


FIG.10A

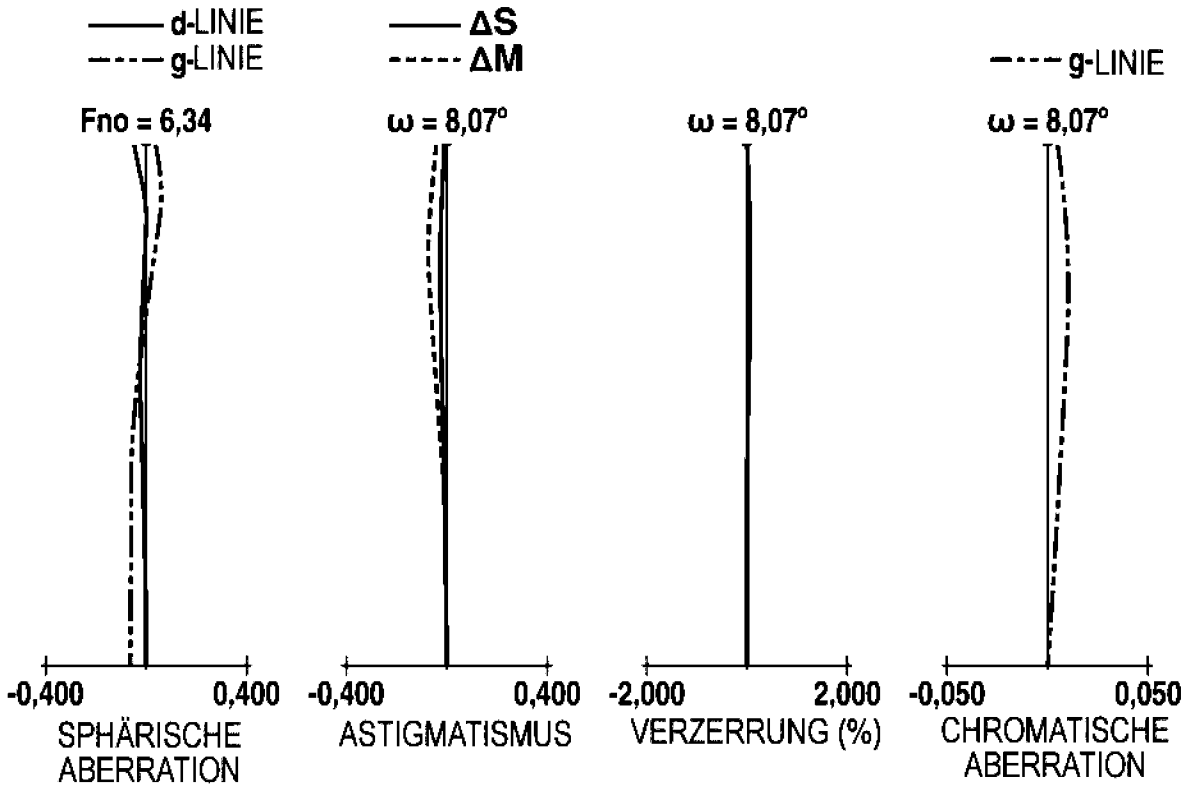


FIG.10B

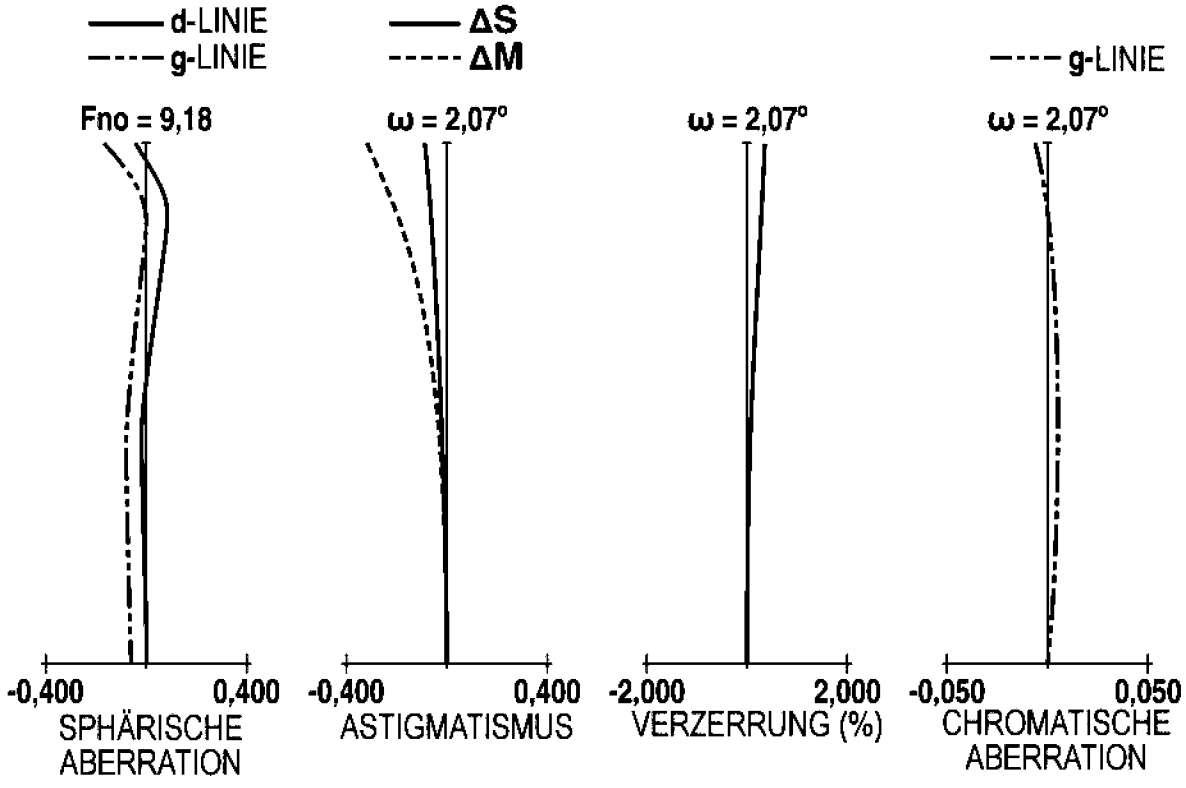
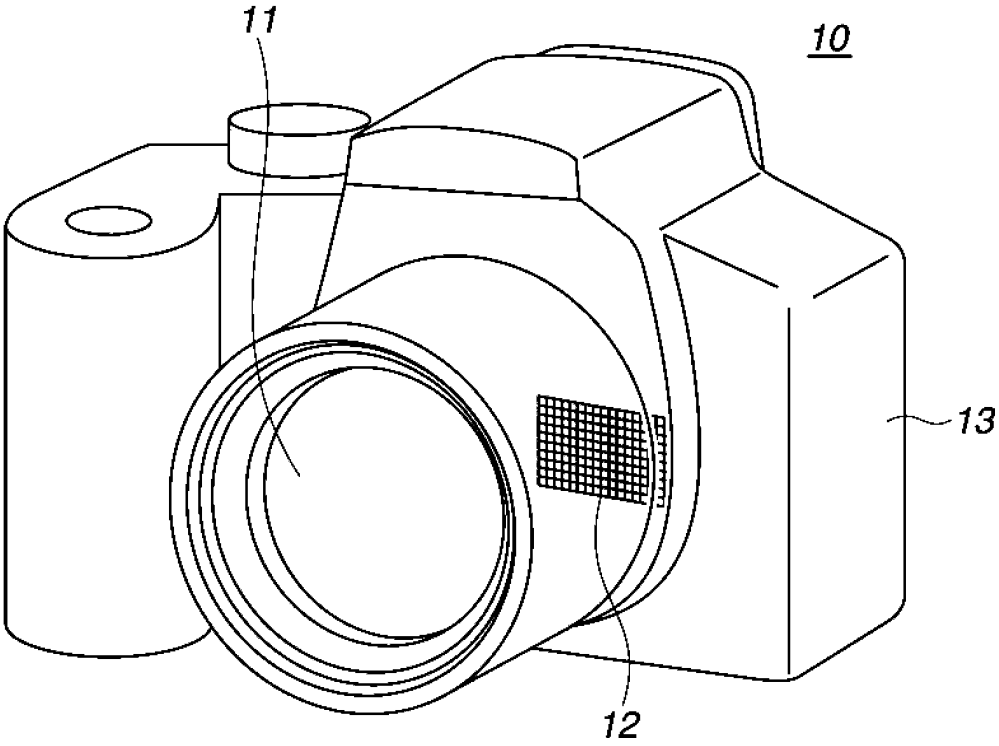


FIG.11



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.