



(10) **DE 10 2018 007 033 B4** 2020.09.17

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 007 033.7**

(22) Anmeldetag: **05.09.2018**

(43) Offenlegungstag: **14.03.2019**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.09.2020**

(51) Int Cl.: **G02B 13/02 (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:
2017-173821 11.09.2017 JP

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

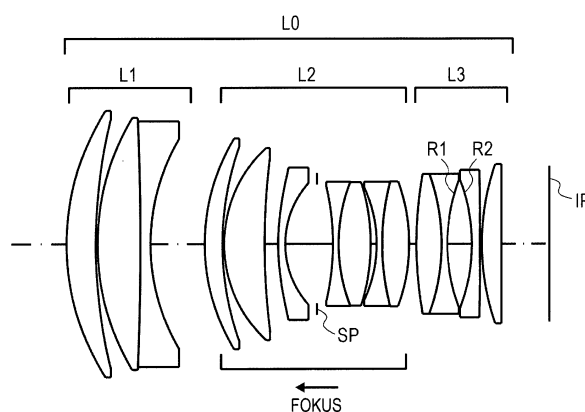
(74) Vertreter:
**WESER & Kollegen Patentanwälte PartmbB,
81245 München, DE**

(72) Erfinder:
Ichimura, Junya, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
JP 6 191 246 B2

(54) Bezeichnung: **OPTISCHES SYSTEM UND BILDAUFNAHMEVORRICHTUNG**

(57) Hauptanspruch: Eine Optik, umfassend: eine erste Linseneinheit mit positiver Brechkraft;
eine zweite Linseneinheit mit positiver Brechkraft, die auf der Bildseite der ersten Linseneinheit angeordnet ist; und eine dritte Linseneinheit mit positiver Brechkraft, die am nächsten zur Bildseite angeordnet ist, wobei ein Abstand zwischen jeweiligen benachbarten Linseneinheiten sich während des Fokussierens ändert, wobei
die erste Linseneinheit dazu ausgelegt ist, sich während des Fokussierens nicht zu bewegen,
die zweite Linseneinheit dazu ausgelegt ist, sich während des Fokussierens vom Unendlichen in den Nahbereich entlang einer optischen Achse zur Objektseite zu bewegen,
die zweite Linseneinheit, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, eine positive Linse, eine negative Linse, und eine Aperturblende umfasst,
die dritte Linseneinheit eine positive Linse und eine negative Linse umfasst, und
die folgende Bedingung erfüllt ist:
 $1,0 < D3/BF < 3,0$
wobei D3 eine Länge der dritten Linseneinheit auf der optischen Achse darstellt und BF einen luftäquivalenten rückwärtigen Brennpunkt darstellt.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein optisches System, nachstehend mit „Optik“ bezeichnet, und eine Bildaufnahmeverrichtung. Die Optik ist zum Beispiel als eine Bildaufnahmeoptik für eine digitale Standbildkamera (still image camera), eine digitale Videokamera, eine Fernsehkamera, eine Überwachungskamera und dergleichen verwendbar.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Als eine für eine Bildaufnahmeverrichtung verwendete Bildaufnahmeoptik ist eine Bildaufnahmeoptik vom Mittelteletyp bekannt, die ein großes Blendenöffnungsverhältnis, d.h. eine Blendenzahl (F_{no}) von ungefähr 1,2 bis 2,0 aufweist und auch eine relativ lange Brennweite aufweist. Die Bildaufnahmeoptik vom Mittelteletyp hat eine verbreitete Anwendung in der Portraitfotografie und der Sportfotografie im Innenbereich erfahren. Zusätzlich besteht ein Bedürfnis, dass eine solche Bildaufnahmeoptik dazu in der Lage sein soll, schnell zu fokussieren, sowie eine geringe Aberrationsvariation während des Fokussierens aufweisen soll.

[0003] Als ein Fokussiersystem mit einer hohen Fokussiergeschwindigkeit ist ein Innenfokussystem bekannt, das durch Bewegen einer kleinformigen, leichtgewichtigen Linseneinheit, die in einer Mitte eines Linsensystems angeordnet ist, fokussiert. Eine Bildaufnahmeverrichtung vom Mittelteletyp, die das Innenfokussystem verwendet und ein hohes optisches Leistungsvermögen aufweist, ist bekannt (Japanische Patentoffenlegungsschrift JP 2013-25157 A). Die Japanische Patentoffenlegungsschrift JP 2013-25157 A offenbart eine Optik, die, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit mit positiver Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit mit positiver Brechkraft, einer Aperturblende, und einer dritten Linseneinheit mit positiver Brechkraft besteht, wobei die Optik das Fokussieren durch Bewegen der zweiten Linseneinheit auf einer optischen Achse durchführt.

[0004] Unter Fokussiersystemen ist das Innenfokussystem dazu in der Lage, mit einer kleinformigen, leichtgewichtigen Linseneinheit zu fokussieren und ein schnelles Fokussieren zu ermöglichen.

[0005] In Optiken vom Mittelteletyp mit einem großen Blendenöffnungsverhältnis und einer relativ langen Brennweite ist es wichtig, auf geeignete Weise Fokussiereinheiten auszuwählen und auf geeignete Weise eine Linsenkonfiguration zu erstellen, um ein hohes optisches Leistungsvermögen über den gesamten Objekt-Abstand mit geringer Aberrationsvariation während des Fokussierens zu erreichen.

[0006] Insbesondere ist es, da die Tiefenschärfe gering ist, bei einer Optik vom Mittelteletyp mit einer großen Blendenöffnung schwierig, ein hohes optisches Leistungsvermögen über den gesamten Bildbereich zu erhalten, ohne verschiedene Aberrationen wie etwa die axiale chromatische Aberration und die Bildfeldwölbung neben der sphärischen Aberration auf vorteilhafte Weise zu korrigieren.

[0007] JP 6191246 B2 offenbart ein Zoomobjektiv mit einer ersten Linsengruppe G1 mit negativer Brechkraft und einer zweiten Linsengruppe G2 mit positiver Brechkraft, wobei die erste Linsengruppe G1 mindestens eine negative Linsenkomponente und eine positive Linsenkomponente umfasst, und die zweite Linsengruppe G2 in der Reihenfolge von der Objektseite aus eine positive Linsenkomponente und eine zementierte Linse, die aus einer negativen Linse und einer positiven Linse besteht, umfasst, und sich ein Abstand zwischen der ersten Linsengruppe G1 und der zweiten Linsengruppe G2 während des Vergrößerungswechsels von einem Weitwinkelendzustand zu einem Teleendzustand ändert.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine wie in Ansprüchen 1 bis 13 beanspruchte Optik bereitgestellt. Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine wie in Anspruch 14 beanspruchte Bildaufnahmeverrichtung bereitgestellt.

[0009] Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der beispielhaften Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen. Jede der Ausführungsformen der nachstehend beschriebenen Erfindung kann allein oder als eine Kombination mehrerer der Aus-

führungsformen implementiert werden. Auch können Merkmale von unterschiedlichen Ausführungsformen, wo dies nötig ist oder wo die Kombination von Elementen oder Merkmalen von einzelnen Ausführungsformen zu einer einzelnen Ausführungsform vorteilhaft ist, kombiniert werden.

Figurenliste

Fig. 1A ist eine Linsen-Schnittansicht einer Optik aus Beispiel 1 bei Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen.

Fig. 1B ist ein Diagramm der longitudinalen Aberration der Optik aus Beispiel 1 bei Fokussierung auf das Objekt im Unendlichen.

Fig. 2A ist eine Linsen-Schnittansicht einer Optik aus Beispiel 2 bei Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen.

Fig. 2B ist ein Diagramm der longitudinalen Aberration der Optik aus Beispiel 2 bei Fokussierung auf das Objekt im Unendlichen.

Fig. 3A ist eine Linsen-Schnittansicht einer Optik aus Beispiel 3 bei Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen.

Fig. 3B ist ein Diagramm der longitudinalen Aberration der Optik aus Beispiel 3 bei Fokussierung auf das Objekt im Unendlichen.

Fig. 4A ist eine Linsen-Schnittansicht einer Optik aus Beispiel 4 bei Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen.

Fig. 4B ist ein Diagramm der longitudinalen Aberration der Optik aus Beispiel 4 bei Fokussierung auf das Objekt im Unendlichen.

Fig. 5 ist eine schematische Ansicht, die Hauptabschnitte einer Bildaufnahmevorrichtung eines Beispiels veranschaulicht.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0010] Im Folgenden werden Optiken und eine Bildaufnahmevorrichtung der vorliegenden Erfindung beschrieben. Optiken der Beispiele enthalten: eine erste Linseneinheit mit positiver Brechkraft; eine zweite Linseneinheit mit positiver Brechkraft, die auf der Bildseite der ersten Linseneinheit angeordnet ist; und eine dritte Linseneinheit mit positiver Brechkraft, die am nächsten zur Bildseite angeordnet ist. Während des Fokussierens bewegt sich die erste Linseneinheit nicht, und während des Fokussierens vom Unendlichen in den Nahbereich bewegt sich zumindest die zweite Linseneinheit entlang der optischen Achse zur Objektseite.

[0011] **Fig. 1A** und **Fig. 1B** sind eine Linsen-Schnittansicht bzw. ein Diagramm der longitudinalen Aberration einer Optik aus Beispiel 1, wenn die Optik auf Unendlich fokussiert ist. Beispiel 1 ist eine Optik mit einer Brennweite von 86,5 und einer Blendenzahl von ungefähr 1,24. **Fig. 2A** und **Fig. 2B** sind eine Linsen-Schnittansicht bzw. ein Diagramm der longitudinalen Aberration einer Optik aus Beispiel 2, wenn die Optik auf Unendlich fokussiert ist. Beispiel 2 ist eine Optik mit einer Brennweite von 86,5 und einer Blendenzahl von ungefähr 1,24.

[0012] **Fig. 3A** und **Fig. 3B** sind eine Linsen-Schnittansicht bzw. ein Diagramm der longitudinalen Aberration einer Optik aus Beispiel 3, wenn die Optik auf Unendlich fokussiert ist. Beispiel 3 ist eine Optik mit einer Brennweite von 100,0 und einer Blendenzahl von ungefähr 1,46. **Fig. 4A** und **Fig. 4B** sind eine Linsen-Schnittansicht bzw. ein Diagramm der longitudinalen Aberration einer Optik aus Beispiel 4, wenn die Optik auf Unendlich fokussiert ist. Beispiel 4 ist eine Optik mit einer Brennweite von 100,0 und einer Blendenzahl von ungefähr 1,45. **Fig. 5** ist eine schematische Ansicht, die Hauptabschnitte einer Bildaufnahmevorrichtung veranschaulicht.

[0013] In der Linsen-Schnittansicht ist die linke Seite die Objektseite (oder die Vorderseite, die vergrößernde Seite) und die rechte Seite ist die Bildseite (oder die Rückseite, die verkleinernde Seite). L0 bezeichnet die Optik. L1 bezeichnet die erste Linseneinheit mit positiver Brechkraft; L2 die zweite Linseneinheit mit positiver Brechkraft; und L3 die dritte Linseneinheit mit positiver Brechkraft. SP bezeichnet eine Aperturblende. Der Pfeil bezüglich des Brennpunkts bezeichnet die Bewegungsrichtung einer Linseneinheit während des Fokussierens vom Unendlichen in den Nahbereich.

[0014] IP bezeichnet eine Bildebene, die einer Bildaufnahmeebene eines Solid-State-Bildaufnahmeelements (eines fotoelektrischen Umwandlungselements), etwa eines CCD-Sensors oder eines CMOS-Sensors, ent-

spricht, wenn die Optik als eine Bildaufnahmeoptik für eine Videokamera oder eine digitale Standbildkamera verwendet wird.

[0015] Im Diagramm der sphärischen Aberration bezeichnet d die d-Linie (eine Wellenlänge von 587,6 nm); g die g-Linie (eine Wellenlänge von 435,8 nm); C die C-Linie (eine Wellenlänge von 656,3 nm); und F die F-Linie (eine Wellenlänge von 486,1 nm). Im Astigmatismusdiagramm bezeichnet M die Meridionalbildebene der d-Linie; und S die Sagittalbildebene der d-Linie. Die Verzerrung wird in Bezug auf die d-Linie dargestellt. Im Diagramm der lateralen chromatischen Aberration bezeichnet g die g-Linie; C die C-Linie; und F die F-Linie. F_{no} ist die Blendenzahl, und H ist die Bildhöhe.

[0016] Die Optik L0 des Beispiels besteht aus: in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, einer ersten Linseneinheit L1 mit positiver Brechkraft; einer zweiten Linseneinheit L2 mit positiver Brechkraft, die auf der Bildseite der ersten Linseneinheit L1 angeordnet ist; und eine dritte Linseneinheit L3 mit positiver Brechkraft, die am nächsten zur Bildseite angeordnet ist. Während des Fokussierens ändert sich der Abstand zwischen jeweiligen benachbarten Linseneinheiten. Während des Fokussierens vom Unendlichen in den Nahbereich bewegt sich zumindest die zweite Linseneinheit L2 entlang der optischen Achse zur Objektseite. Während des Fokussierens bewegt sich die erste Linseneinheit L1 nicht.

[0017] Eine MittelteletypLinse mit einem sogenannten großen Blendenöffnungsverhältnis, d.h. F_{no} beträgt 2, 0 oder weniger, weist einen großen Eintrittspupillendurchmesser auf, und entsprechend neigt der effektive Vorderlinsendurchmesser der Linse dazu, groß zu sein. Um diese Linse mit großem effektiven Vorderlinsendurchmesser während des Fokussierens zu bewegen, werden die Fokuslinseneinheiten ziemlich schwer. Aus diesem Grund ist es bevorzugt, dass sich die erste Linseneinheit mit positiver Brechkraft nicht während des Fokussierens bewegt.

[0018] In der Optik des Beispiels weist die zweite Linseneinheit L2 eine Linsenkonfiguration auf, die ähnlich zu einer sogenannten Doppelgausskonfiguration ist, wobei mehrere Linsen auf der Objektseite bzw. der Bildseite mit der Aperturblende SP dazwischen angeordnet sind. Auf diese Weise wird das optische Leistungsvermögen während des Fokussierens auf vorteilhafte Weise beibehalten, während das hohe optische Leistungsvermögen sichergestellt ist. Die dritte Linseneinheit L3 enthält mehrere Linsen unter Verwendung von deren kurzem rückwärtigen Brennpunkt. Dies ermöglicht es, die gesamte Petzvalsumme zu reduzieren, was eine günstige Bildebenencharakteristik erzielt, während das optische Leistungsvermögen während des Fokussierens verbessert wird.

[0019] Die zweite Linseneinheit L2 enthält: eine positive Linse; eine negative Linse, die auf der Bildseite der positiven Linse angeordnet ist; und eine Aperturblende, die auf der Bildseite der negativen Linse angeordnet ist. Die dritte Linseneinheit L3 enthält: eine positive Linse; und eine negative Linse, und die Optik genügt einer Bedingung von

$$1,0 < D3 / BF < 3,0 \quad (1)$$

wobei D3 die Länge der dritten Linseneinheit L3 auf der optischen Achse bezeichnet und BF die luftäquivalente rückwärtige Brennweite bezeichnet. Die Länge der dritten Linseneinheit L3 bezeichnet einen Abstand auf der optischen Achse von der objektseitigen Linsenfläche der Linse in der dritten Linseneinheit L3, die am nächsten zur Objektseite ist, zur bildseitigen Linsenfläche der Linse, die am nächsten zur Bildseite ist.

[0020] Bedingung (1) erlaubt es, die chromatische Aberration und die Petzvalsumme effektiv zu korrigieren, indem es ermöglicht wird, die mehreren Linsen durch Verwendung des kurzen rückwärtigen Brennpunkts effektiv anzuordnen. Falls das Verhältnis unter den unteren Grenzwert in Bedingung (1) fällt, wird die Linseneinheitlänge der dritten Linseneinheit L3 zu kurz, was es schwierig macht, eine ausreichende Brechkraft einer jeweiligen Linse zu erhalten, was in ungenügenden Korrekturen der verschiedenen Aberrationen resultiert. Falls das Verhältnis den oberen Grenzwert in Bedingung (1) überschreitet, ist dies nicht bevorzugt, weil die dritte Linseneinheit L3 zu lang wird, was es unmöglich macht, einen notwendigen Bewegungsbetrag der zweiten Linseneinheit L2 zu erhalten.

[0021] Es ist bevorzugt, dass ein jeweiliges Beispiel eine oder mehrere der folgenden Bedingungen erfüllt. Hierbei bezeichnet f die Brennweite der Optik; f1 die Brennweite der ersten Linseneinheit L1; f2 die Brennweite der zweiten Linseneinheit L2; und f3 die Brennweite der dritten Linseneinheit L3. Die zweite Linseneinheit L2 enthält eine asphärische Linse, die eine Linsenfläche mit asphärischer Flächenform enthält, und Nasp bezeichnet den Brechungsindex des Materials der asphärischen Linse an der d-Linie. Die dritte Linseneinheit L3

enthält eine Luftlinse mit einer aus einer konvexen Form bestehenden Fläche auf der Objektseite und einer aus einer konvexen Form bestehenden Fläche auf der Bildseite, und $Ra1$ bezeichnet den Krümmungsradius einer Linsenfläche **R1** auf der Objektseite der Luftlinse und $Ra2$ den Krümmungsradius einer Linsenfläche **R2** auf der Bildseite der Luftlinse. Es wird angemerkt, dass die Angabe „enthält eine Luftlinse mit einer aus einer konvexen Form bestehenden Fläche auf der Objektseite und einer aus einer konvexen Form bestehenden Fläche auf der Bildseite“ eine Konfiguration umfasst, bei der die Linsenfläche **R1** auf der Bildseite einer bestimmten Linse (erste Linse) zur Objektseite hin konvex ist und die Linsenfläche **R2** auf der Objektseite einer auf der Bildseite der ersten Linse benachbart angeordneten Linse (zweite Linse) zur Bildseite hin konvex ist.

[0022] Die zweite Linseneinheit L2 enthält eine positive Linse **21**, die am nächsten zur Objektseite in dieser zweiten Linseneinheit angeordnet ist, und θ_{gF21} bezeichnet das Teildispersionsverhältnis zwischen der g-Linie und der F-Linie des Materials der positiven Linse **21**. Die zweite Linseneinheit L2 enthält, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, die positive Linse **21** und eine positive Linse **22**, und θ_{gF22} bezeichnet das Teildispersionsverhältnis zwischen der g-Linie und der F-Linie des Materials der positiven Linse **22**.

[0023] Ferner bezeichnen n_g , n_F , n_d bzw. n_C die Brechungsindices des Materials an der g-Linie, der F-Linie, der d-Linie bzw. der C-Linie. In diesem Fall ist die Abbé-Zahl vd und das Teildispersionsverhältnis θ_{gF} des Materials durch folgende Bedingungen ausgedrückt:

$$vd = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

$$\theta_{gF} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

[0024] Es ist bevorzugt, dass eine oder mehr der folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$2,0 < f_1 / f < 1,1 \quad (2)$$

$$0,8 < f_2 / f < 1,1 \quad (3)$$

$$3,0 < f_3 / f < 10,0 \quad (4)$$

$$N_{asp} > 1,70 \quad (5)$$

$$-1 < (Ra1 + Ra2) / (Ra1 - Ra2) < 5 \quad (6)$$

$$\theta_{gF21} > 0,61 \quad (7)$$

$$\theta_{gF22} < 0,55 \quad (8)$$

[0025] Als nächstes wird die technische Bedeutung einer jeweiligen der vorstehend beschriebenen Bedingungen erläutert. Bedingungen (2) bis (4) ermöglichen die Optik L0, die eine Linsenkonfiguration enthält, bei der die zweite Linseneinheit L2 zum Fokussieren zwischen der ersten Linseneinheit L1 mit schwacher Brechkraft und der dritten Linseneinheit L3 mit schwacher positiver Brechkraft angeordnet ist.

[0026] Die erste Linseneinheit L1 trägt dazu bei, die Blendenöffnung zu vergrößern, und verursacht ein Konvergieren des einfallenden Lichtstrahlenbündels, so dass sich der Durchmesser des einfallenden Lichtstrahlenbündels nach der zweiten Linseneinheit L2 verringert. Falls das Verhältnis unter den unteren Grenzwert in Bedingung (2) fällt, wird die positive Brechkraft der ersten Linseneinheit L1, die sich während des Fokussierens nicht bewegt, relativ zur gesamten Brechkraft größer. Als ein Ergebnis wird der Fokussierbewegungsbeitrag der zweiten Linseneinheit L2 unvorteilhafterweise zu groß. Falls das Verhältnis den oberen Grenzwert in Bedingung (2) überschreitet, konvergiert das axiale Strahlenbündel weniger. Aus diesem Grunde nimmt die Brechkraft nach der zweiten Linseneinheit L2 zu, was es schwierig macht, die sphärische Aberration und die chromatische Aberration zu korrigieren.

[0027] Es ist bevorzugt, dass die Brennweite der zweiten Linseneinheit L2 im Wesentlichen gleich der Brennweite der Optik ist. Falls das Verhältnis unter den unteren Grenzwert in Bedingung (3) fällt, wird die positive Brechkraft der zweiten Linseneinheit L2 unvorteilhafterweise zu stark, was die Aberrationskorrektur schwierig macht und den Raum zur Anordnung der dritten Linseneinheit L3 verringert. Falls das Verhältnis den oberen Grenzwert in Bedingung (3) überschreitet, wird der Fokussierbewegungsbetrag der zweiten Linseneinheit L2 zu groß, sodass die Größe der Optik zunimmt.

[0028] Die dritte Linseneinheit L3 führt die gesamte Aberrationskorrektur durch und reduziert eine Aberrationsvariation während des Fokussierens in den Nahbereich, und hat vorzugsweise eine schwache positive Brechkraft. Falls das Verhältnis unter den unteren Grenzwert in Bedingung (4) fällt, neigt die Kantenbeleuchtung dazu, ungenügend zu werden. Andererseits wird, falls das Verhältnis den oberen Grenzwert in Bedingung (4) überschreitet, das axiale Lichtstrahlenbündel bei der zweiten Linseneinheit L2 groß, so dass die Krümmung der Linsenfläche dazu neigt, groß zu sein, was es schwierig macht, die sphärische Aberration und die axiale chromatische Aberration zu korrigieren.

[0029] Um die sphärische Aberration zu reduzieren, ist es bevorzugt, die asphärische Fläche in der zweiten Linseneinheit L2 anzuordnen, die die Aperturblende SP enthält. Zusätzlich ist es, um den Effekt der asphärischen Fläche der asphärischen Flächenform zu vergrößern, bevorzugt, dass die asphärische Linse aus einem Material gebildet ist, das einen hohen Brechungsindex aufweist, der die Bedingung (5) erfüllt.

[0030] Die Petzvalsumme wird effektiv dadurch reduziert, dass die Dicke der dritten Linseneinheit L3 groß gemacht wird und dadurch, dass sie die Luftlinse enthält, die die Bedingung (6) erfüllt. Falls das Verhältnis unter den unteren Grenzwert in Bedingung (6) fällt, wird die Petzvalsumme größer. Andererseits nähern sich, falls das Verhältnis den oberen Grenzwert in Bedingung (6) überschreitet, die Krümmungen der Linsenflächen der jeweiligen Linsen einander zu sehr, so dass der Korrektoreffekt durch die Petzvalsumme verringert ist.

[0031] Im Falle einer Optik mit großem Blendenöffnungsverhältnis ist die Tiefenschärfe sehr gering. Aus diesem Grunde verursacht eine geringfügige Defokussierung eine Verschlechterung des optischen Leistungsvermögens bezüglich des gesamten Bildbereichs. Insbesondere wenn es einen farbabhängigen Unterschied im Brennpunkt aufgrund der axialen chromatischen Aberration gibt, verringert dieser Unterschied im Brennpunkt die wahrgenommene Auflösung in Form von Farbausbluten. Aus diesem Grunde ist es notwendig, die axiale chromatische Aberration auf vorteilhafte Weise zu korrigieren.

[0032] Im Allgemeinen ist es bekannt, die Erzeugung von axialer chromatischer Aberration unter Verwendung eines Materials für eine positive Linse zu unterdrücken, das eine geringe Dispersion aufweist, und durch Durchführen einer Achromatisierung unter Verwendung eines Materials für eine negative Linse, das eine große Dispersion aufweist. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass allein mit dieser Maßnahme die chromatische Aberration unverändert bleibt, insbesondere im Bereich kurzer Wellenlängen.

[0033] Deshalb ist es bevorzugt, dass die Optik eines jeweiligen Beispiels die Bedingungen (7) und (8) in der vorstehend beschriebenen Linsenkonfiguration erfüllt. Bedingung (7) bedeutet, die Brechkraft im Bereich kurzer Wellenlängen mit der positiven Linse 21 zu vergrößern, und die axiale chromatische Aberration in einem breiten Wellenlängenband zusammen mit der Achromatisierung zu verringern. Bedingung (8) bedeutet, dass der zu erzeugende Betrag axialer chromatischer Aberration reduziert wird. Es wird einfach, die Achromatisierung zu erreichen, indem eine negative Linse mit geringem Brechungsindex und einer großen Dispersion sowie eine positive Linse mit hohem Brechungsindex und einer geringen Dispersion so ausgebildet werden, dass die Bedingungen (7) und (8) erfüllt sind.

[0034] Die zweite Linseneinheit L2 enthält vorzugsweise, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, eine positive Linse 21, eine positive Linse 22, eine negative Linse 23, und eine Aperturblende. Die negative Linse 23 weist außerdem vorzugsweise eine Meniskusform mit einer konvexen Fläche auf, die zur Objektseite gerichtet ist, und enthält eine Linsenfläche mit einer asphärischen Flächenform.

[0035] Der Effekt der Achromatisierung durch die negative Linse und die positive Linse, die in Bezug auf die Aperturblende SP näher zur Bildseite angeordnet sind, wird dadurch vergrößert, dass das Lichtstrahlenbündel, das auf die zweite Linseneinheit L2 auftrifft, dazu veranlasst wird, bei der positiven Linse 21, der positiven Linse 22, und der negativen Linse 23 weiter zusammenzulaufen. Zusätzlich erlaubt es die Verwendung einer asphärischen Linse als negative Linse 23, die sphärische Aberration effektiv zu korrigieren, die aufgrund der positiven Linse 21 und der positiven Linse 22 auftritt, welche dazu neigen, eine große Krümmung ihrer Linsenflächen aufzuweisen, und erlaubt es, den effektiven Linsendurchmesser nach der negativen Linse 23 zu reduzieren.

[0036] Die dritte Linseneinheit L3 besteht vorzugsweise, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, aus einer durch Verkitten einer positiven Linse und einer negativen Linse gebildeten Kittlinse, einer negativen Linse, und einer positiven Linse. Diese Konfiguration macht es einfacher, die Petzvalsumme mit einer kleineren Anzahl von Linsen effektiv zu korrigieren. Die dritte Linseneinheit L3 enthält vorzugsweise zumindest eine asphärische Fläche. Da es in einer Optik mit einem kurzen rückwärtigen Brennpunkt wahrscheinlich ist, dass insbesondere die außeraxiale Aberration zunimmt, wird durch Verwenden einer asphärischen Fläche die Bildfeldwölbung und die Verzerrung korrigiert, und ferner wird die Sagittalüberstrahlung (sagittal flare) effektiv korrigiert.

[0037] Die erste Linseneinheit L1 besteht vorzugsweise, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, aus einer positiven Linse, einer positiven Linse, und einer negativen Linse. Diese Konfiguration erlaubt es dem einfallenden Lichtstrahlenbündel, bei der positiven Linse gebündelt zu werden und bei der negativen Linse auseinanderzulaufen, um das Lichtstrahlenbündel im Ergebnis dazu zu veranlassen, zusammenzulaufen.

[0038] In Beispielen 2 und 3 bewegt sich die zweite Linseneinheit L2 während des Fokussierens. In Beispiel 3 bewegt sich die dritte Linseneinheit L3 während des Fokussierens entlang einer Ortslinie, die von derjenigen der zweiten Linseneinheit L2 verschieden ist. Diese Konfiguration macht es einfacher, eine Aberrationsvariation während des Fokussierens effektiv zu korrigieren.

[0039] Als nächstes ist ein Beispiel einer digitalen Standbildkamera (Bildaufnahmeverrichtung) unter Verwendung der Optik aus einem der Beispiele als Bildaufnahmeoptik unter Verwendung von **Fig. 5** beschrieben.

[0040] In **Fig. 5** bezeichnet 10 ein Kameragehäuse; 11 eine durch die Optik des Beispiels gebildete Bildaufnahmeoptik; 12 ein Solid-State-Bildaufnahmeelement (fotoelektrisches Umwandlungselement) wie einen CCD-Sensor oder einen CMOS-Sensor, das im Kameragehäuse enthalten ist und Licht eines durch die Bildaufnahmeoptik 11 gebildeten Objektbilds empfängt.

[0041] Wie zuvor beschrieben ist es möglich, eine Bildaufnahmeoptik zu erhalten, die insgesamt eine geringe Größe aufweist und die ein gutes optisches Leistungsvermögen aufweist, indem die Optik aus dem Beispiel bei einer Bildaufnahmeverrichtung wie einer digitalen Standbildkamera angewendet wird.

[0042] Nachfolgend sind spezifische numerische Daten der Beispiele 1 bis 4 angegeben. In den jeweiligen numerischen Daten gibt i die von der Objektseite gezählte Reihenfolge an; ri den Krümmungsradius der i-ten optischen Fläche (die i-te Fläche); di den Abstand auf der Achse zwischen der i-ten Fläche und der (i + 1)-ten Fläche. EA gibt den effektiven Durchmesser an (den Durchmesser eines Bereichs, den ein Lichtstrahlenbündel passiert). Außerdem geben ndi bzw. vdi den Brechungsindex bzw. die Abbe-Zahl des Materials eines optischen Elements zwischen der i-ten Fläche und der (i + 1)-ten Fläche für die d-Linie an. Wenn die X-Achse die Richtung der optischen Achse ist, die H-Achse eine Richtung senkrecht zur optischen Achse ist, die Ausbreitungsrichtung von Licht positiv ist; R der paraxiale Krümmungsradius ist; K die konische Konstante ist; A, B, C bzw. D Asphärenkoeffizienten sind, wird die asphärische Form durch den folgenden Ausdruck ausgedrückt:

$$X = \frac{H^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H / R)^2}} + AH^4 + BH^6 + CH^8 + DH^{10}$$

[0043] In der folgenden Tabelle bedeutet * eine Fläche mit einer asphärischen Flächenform. „E-x“ bedeutet 10^x. OBJ bezeichnet den Objektabstand. Der Objektabstand 1E + 30 bedeutet Unendlich. BF gibt die luftäquivalente rückwärtige Brennweite an (der Abstand von der der Bildseite am nächsten liegenden Linsenfläche in der Optik zur Bildebene auf der optischen Achse). Die Gesamtlinsenlänge ist ein Wert, der erhalten wird durch Addieren eines Werts des rückwärtigen Brennpunkts BF zum Abstand von der ersten Linsenfläche zur letzten Linsenfläche (die der Bildseite am nächsten liegende Linsenfläche). Zusätzlich sind die Beziehungen zwischen den vorstehend beschriebenen Bedingungen und numerischen Daten in Tabelle 1 gezeigt.

(Numerische Daten 1)

Einheit i	EA	R	d	Glas	nd	vd
1 1	70,87	68,4564	8,2000	SFPM2	1,59522	67,73
2	69,33	144,7664	0,5000			
3	66,77	68,5861	12,0000	SFPL51	1,49700	81,54
4	65,05	-800,0000	2,8000	SNBM51	1,61340	44,27
5	58,59	57,7047	15,3149			
2 6	55,60	55,8845	5,0000	SNPH4	1,89286	20,36
7	54,03	78,7959	0,5000			
8	50,60	36,0000	11,5000	SFPM2	1,59522	67,73
9	47,96	191,1367	3,8524			
10*	39,81	65,7976	2,0000	SNBH56	1,85478	24,80
11	33,90	25,3489	8,5000			
12	33,00	∞	4,0000 (Aper- turbblende)			
13	32,17	-67,4064	1,6000	STIM22	1,64769	33,79
14	32,01	46,6554	9,0000	SLAH55V	1,83481	42,72
15	31,88	-56,3647	1,7000			
16	31,64	-36,4167	1,5000	STIM35	1,69895	30,13
17	32,19	69,5252	7,5000	TAFD25	1,90366	31,31
18	32,32	-50,0834	2,0000			
3 19	36,39	111,1397	7,0000	TAFD30	1,88300	40,80
20	36,41	-56,7163	1,7000	STIM1	1,62588	35,70
21	35,61	49,5256	7,0000			
22*	35,71	-50,0584	2,3000	LBAL42	1,58313	59,38
23*	38,37	∞	0,5000			
24	41,47	67,7770	5,5000	TAFD35	1,91082	35,25
25	41,59	8469,3686	6 13,5279			
IMG						

Asphärenkoeffizient

	R10	R22	R23
R	65,7976	-50,0584	1E+13
k	0	0	0
A	-2,9208E-06	-2,7151 E-06	-3,0334E-06
B	-4,6570E-10	5,6754E-09	4,1049E-09
C	3,5596E-13	-4,9970E-1 2	-4,2155E-12

Linsenabstand

OBJ	d5	d18
1E + 30	15,315	2,000
4100	13,140	4,175
700	2,500	14,815

(Numerische Daten 2)

Einheit i	EA	R	d	Glas	nd	vd
1 1	70,08	63,4639	9,0000	SYGH51	1,75500	52,32
2	68,66	151,8003	0,5000			
3	65,04	61,8854	11,0000	SFPL55	1,43875	94,66
4	63,14	800,0000	2,0000	SNBM51	1,61340	44,27
5	55,11	42,4980	16,2666			
2 6	52,97	52,6458	5,5000	SNPH1W	1,80809	22,76
7	51,65	88,0595	0,5000			
8	47,85	33,5000	11,8000	SFPL51	1,49700	81,54
9	45,40	347,7223	1,2000			
10*	40,76	73,9307	2,0000	SNBH56	1,85478	24,80
11	34,75	25,9345	8,7000			
			4,5000			
12	34,00	∞				
			(Aperturblende)			
13	33,24	-57,3706	1,6000	SNBH8	1,72047	34,71
14	33,49	127,0378	8,0000	TAFD37	1,90043	37,37
15	33,64	-54,2677	1,7176			
16	33,35	-37,6961	1,5000	STIM5	1,60342	38,03
17	33,79	54,8160	9,0000	TAFD30	1,88300	40,80
18	33,69	-55,6956	2,0000			
3 19	38,10	94,3506	10,0000	TAFD30	1,88300	40,80
20	37,84	-49,1069	1,7000	STIM22	1,64769	33,79
21	36,07	45,7002	7,7933			
22*	36,27	-68,8229	2,3000	STIM28	1,68893	31,07
23*	38,61	∞	0,5000			
24	41,95	64,7739	5,3000	SNBH56	1,85478	24,80
25	42,01	502,6807	13,9170			

IMG

Asphärenkoeffizient

	R10	R22	R23
R	73,9307	-68,8229	1E + 13
k	0	0	0
A	-2,34369E-06	-1,35723E-05	-0,000011349
B	-4,57974E-10	2,80731 E-08	2,66457E-08
C	3,89088E-13	-4,82515E-11	-4,04256E-11
D	-2,38394E-16	4,46053E-14	3,66763E-14

Linsenabstand

OBJ	d5	d18
1E + 30	16,27	2
4000	13,88	4,39
700	2,5	15,77

(Numerische Daten 3)

Einheit i		EA	R	d	Glas	nd	vd
1	1	77,18	70,7213	10,8178	PCD51	1,59349	67,00
	2	75,54	249,8665	0,5000			
	3	69,06	72,9663	12,0622	SFPL55	1,43875	94,66
	4	66,92	-425,5839	2,0000	SNBH5	1,65412	39,68
	5	58,70	70,5590	19,3840			
2	6	53,22	61,3718	5,5000	SNPH4	1,89286	20,36
	7	51,55	124,5569	0,5000			
	8	45,53	32,7351	11,0000	SFPL55	1,43875	94,66
	9	42,30	196,9214	2,8412			
	10*	36,39	74,4943	2,0000	SNBH56	1,85478	24,80
	11	31,12	24,6139	8,7546			
				7,2975			
	12	29,57	∞				
				(Aperturblende)			
	13	28,12	-75,8069	1,5000	SNBH5	1,65412	39,68
	14	28,40	33,7056	8,0000	SLAL14	1,69680	55,53
	15	28,65	-56,3206	2,2485			
3	16	28,62	-31,3990	1,5000	STIL1	1,54814	45,78
	17	32,03	132,0308	8,0000	TAFD30	1,88300	40,80
	18	33,97	-45,1046	3,0000			
	19	37,27	122,2481	4,7000	TAFD45	1,95375	32,32
	20	37,24	-160,7110	1,7000	STIM8	1,59551	39,24
	21	36,85	58,4894	5,7902			
	22*	37,05	-79,5321	2,3000	STIL1	1,54814	45,78
	23	39,58	74,1827	0,5000			
	24	41,26	56,8279	6,0000	TAFD30	1,88300	40,80
	25	41,40	2949,8738	14,0824			

IMG

Asphärenkoeffizient

	R10	R22
R	74,4943	-79,5321
k	0	0
A	-1,90055E-06	-2,99483E-07

Asphärenkoeffizient

B	1,00991 E-10	2,41357E-09
C	-9,37309E-14	-2,75377E-12
D	5,65326E-16	7,35518E-16

Linsenabstand

OBJ	d5	d18
1,00E + 30	19,384	3
4106	16,355	6,029
706	2,5	19,884

(Numerische Daten 4)

Einheit i		EA	R	d	Glas	nd	vd
1	1	76,73	67,4702	11,0000	PCD51	1,59349	67,00
	2	74,70	193,2837	0,5000			
	3	69,32	74,8550	12,5000	SFPL55	1,43875	94,66
	4	66,28	-550,3944	2,0000	SNBH5	1,65412	39,68
	5	58,92	74,4220	30,4001			
2	6	49,92	56,0347	6,0000	SNPH4	1,89286	20,36
	7	47,83	107,8774	0,5000			
	8	42,65	32,3851	10,0000	SFPL55	1,43875	94,66
	9	39,69	277,8320	2,9974			
	10*	33,46	79,4323	2,0000	SNBH56	1,85478	24,80
	11	28,78	24,1970	6,7447			
				3,5143			
	12	27,85	∞				
				(Aperturblende)			
	13	27,17	-60,7450	1,5000	SNBH5	1,65412	39,68
	14	27,37	29,2377	8,0000	SYGH51	1,75500	52,32
3	15	27,47	-50,9260	1,8825			
	16	27,41	-30,5521	1,5000	STIL1	1,54814	45,78
	17	30,09	210,4584	7,0000	TAFD30	1,88300	40,80
	18	31,80	-43,0700	3,0000			
	19	35,15	-803,3981	6,0000	TAFD45	1,95375	32,32
	20	35,51	-47,2877	1,7000	STIM28	1,68893	31,07
	21	35,70	77,0121	5,7610			
	22*	35,90	-54,3484	2,3000	LBSL7	1,51633	64,06
	23	39,37	140,3451	0,5000			
	24	42,36	61,7179	6,5000	TAFD35	1,91082	35,25
	25	42,57	-261,0109	14,4943			
	IMG						

Asphärenkoeffizient

	R10	R22
R	79,4323	-54,3484
k	0	0
A	-3,22032E-06	-1,5876E-06
B	3,14236E-10	1,91273E-09
C	-5,64278E-13	3,991 E-13
D	1,79148E-15	-5,06168E-15

Linsenabstand

OBJ	d5	d18	d25
1,00E + 30	30,40	3	14,50
4100	27,87	5,50	14,53
350	2,5	27,38	18,02

[Table 1]

		Beispiel			
		1	2	3	4
	Brennweite f	86,5	86,5	100,0	100,0
	Fno	1,24	1,24	1,46	1,45
	Brennweite der ersten Linseneinheit f1	380,9	431,3	269,6	261,0
	Brennweite der zweiten Linseneinheit f2	87,8	86,3	104,1	90,3
	Brennweite der dritten Linseneinheit f3	468,3	447,5	820	833,3
	Dicke der ersten Linseneinheit D1	23,5	22,5	25,38	26,0
	Dicke der zweiten Linseneinheit D2	56,7	56,0	59,1	51,6
	Dicke der dritten Linseneinheit D3	24,0	27,6	21,0	22,8
	Rückwärtiger Brennpunkt BF	13,5	13,9	14,1	14,5
	Ra1	49,53	45,70	54,13	77,01
	Ra2	-50,06	-68,82	-84,95	-54,35
Bedingung	Gesamtlinsenlänge	135,0	138,3	142,0	148,3
(1)	D3/BF	1,77	1,98	1,49	1,57
(2)	f1/f	4,40	4,99	2,70	2,61
(3)	f2/f	1,02	1,00	1,04	0,90
(4)	f3/f	5,41	5,17	8	8,33
(5)	Nasp	1,855	1,855	1,855	1,855
(6)	(Ra1 + Ra2)/(Ra1 - Ra2)	-0,005	-0,202	-0,222	0,173
(7)	θgF21	0,639	0,631	0,639	0,639
(8)	θgF22	0,544	0,537	0,534	0,534

[0044] Während die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf beispielhafte Ausführungsformen beschrieben wurde, versteht sich, dass die Erfindung nicht auf die beispielhaften Ausführungsformen beschränkt ist, sondern lediglich durch den Umfang der nachstehenden Ansprüche.

Patentansprüche

1. Eine Optik, umfassend: eine erste Linseneinheit mit positiver Brechkraft; eine zweite Linseneinheit mit positiver Brechkraft, die auf der Bildseite der ersten Linseneinheit angeordnet ist; und eine dritte Linseneinheit mit positiver Brechkraft, die am nächsten zur Bildseite angeordnet ist, wobei ein Abstand zwischen jeweiligen benachbarten Linseneinheiten sich während des Fokussierens ändert, wobei die erste Linseneinheit dazu ausgelegt ist, sich während des Fokussierens nicht zu bewegen, die zweite Linseneinheit dazu ausgelegt ist, sich während des Fokussierens vom Unendlichen in den Nahbereich entlang einer optischen Achse zur Objektseite zu bewegen, die zweite Linseneinheit, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, eine positive Linse, eine negative Linse, und eine Aperturblende umfasst, die dritte Linseneinheit eine positive Linse und eine negative Linse umfasst, und die folgende Bedingung erfüllt ist:
 $1,0 < D3/BF < 3,0$
 wobei D3 eine Länge der dritten Linseneinheit auf der optischen Achse darstellt und BF einen luftäquivalenten rückwärtigen Brennpunkt darstellt.

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

$$2,0 < f1/f < 10,0$$

wobei f eine Brennweite der Optik darstellt und f1 eine Brennweite der ersten Linseneinheit darstellt.

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

$$0,8 < f2/f < 1,1$$

wobei f eine Brennweite der Optik darstellt und f2 eine Brennweite der zweiten Linseneinheit darstellt.

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

$$3,0 < f3/f < 10,0$$

wobei f eine Brennweite der Optik darstellt und f3 eine Brennweite der dritten Linseneinheit darstellt.

5. Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die zweite Linseneinheit eine asphärische Linse umfasst, die eine Linsenfläche mit einer asphärischen Flächenform enthält, und die folgende Bedingung erfüllt ist:
 $N_{asp} > 1,70$
 wobei N_{asp} einen Brechungsindex eines Materials der asphärischen Linse an der d-Linie darstellt.

6. Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die zweite Linseneinheit, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, eine erste positive Linse, eine zweite positive Linse, eine negative Linse, und eine Aperturblende umfasst, die negative Linse eine Meniskusform mit einer konvexen Fläche umfasst, die zur Objektseite gerichtet ist, und die negative Linse eine Linsenfläche mit einer asphärischen Flächenform umfasst.

7. Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die dritte Linseneinheit eine erste Linse umfasst sowie eine zweite Linse, die zur Bildseite der ersten Linse benachbart angeordnet ist, eine Linsenfläche der ersten Linse auf der Bildseite zur Objektseite hin konvex ist, eine Linsenfläche der zweiten Linse auf der Objektseite zur Bildseite hin eine konvexe Form aufweist, und die folgende Bedingung erfüllt ist:
 $-1 < (Ra1 + Ra2)/(Ra1 - Ra2) < 5$

wobei $Ra1$ den Krümmungsradius der Linsenfläche der ersten Linse auf der Bildseite darstellt und $Ra2$ den Krümmungsradius der Linsenfläche der zweiten Linse auf der Objektseite darstellt.

8. Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die dritte Linseneinheit, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, aus einer durch Verkitten einer positiven Linse und einer negativen Linse gebildeten Kittlinse, einer negativen Linse, und einer positiven Linse besteht.

9. Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die erste Linseneinheit, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, aus einer positiven Linse, einer positiven Linse, und einer negativen Linse besteht.

10. Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die zweite Linseneinheit eine erste positive Linse umfasst, die in der zweiten Linseneinheit am nächsten zur Objektseite angeordnet ist, und die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\theta_{gF21} > 0,61$$

wobei θ_{gF21} ein Teildispersionsverhältnis zwischen der g-Linie und der F-Linie eines Materials der positiven Linse 21 darstellt.

11. Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die zweite Linseneinheit, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, eine erste positive Linse, und eine zweite positive Linse umfasst, und die folgende Bedingung erfüllt ist:

$\theta_{gF22} < 0,55$ wobei θ_{gF22} ein Teildispersionsverhältnis zwischen der g-Linie und der F-Linie eines Materials der zweiten positiven Linse darstellt.

12. Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei sich die dritte Linseneinheit während des Fokussierens entlang einer Ortslinie bewegt, die verschieden von derjenigen der zweiten Linseneinheit ist.

13. Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Optik, in Reihenfolge von der Objektseite zur Bildseite, aus der ersten Linseneinheit, der zweiten Linseneinheit und der dritten Linseneinheit besteht.

14. Bildaufnahmeverrichtung, umfassend:
die Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 13; und
ein Bilderfassungselement, das Licht eines durch die Optik gebildeten Bilds empfängt.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

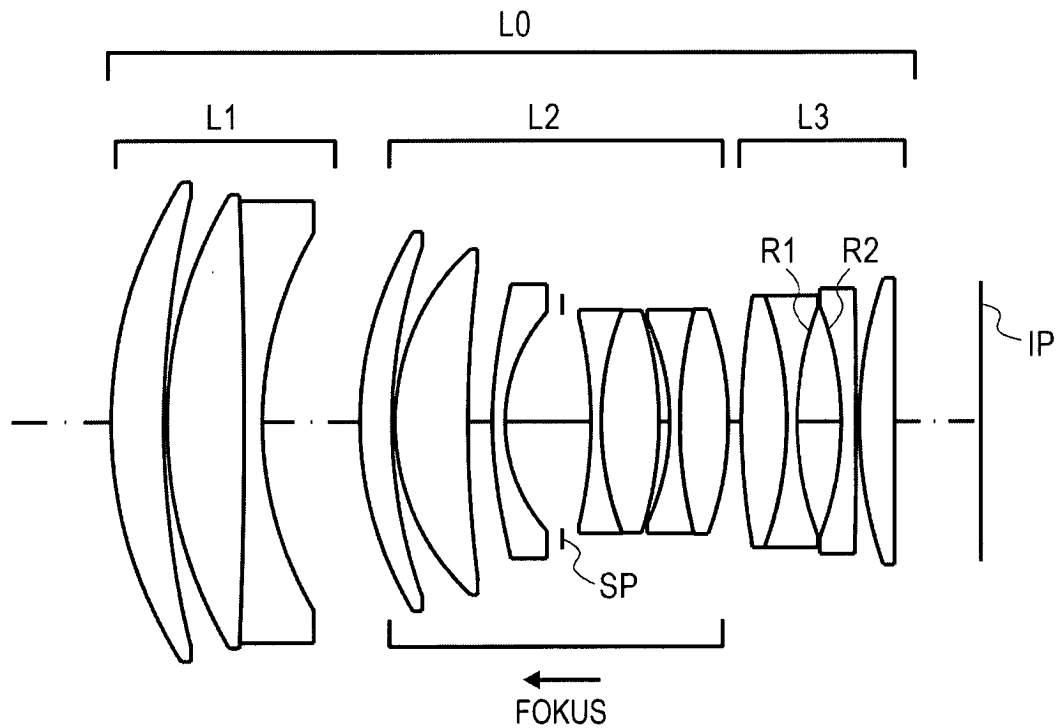


FIG. 1B

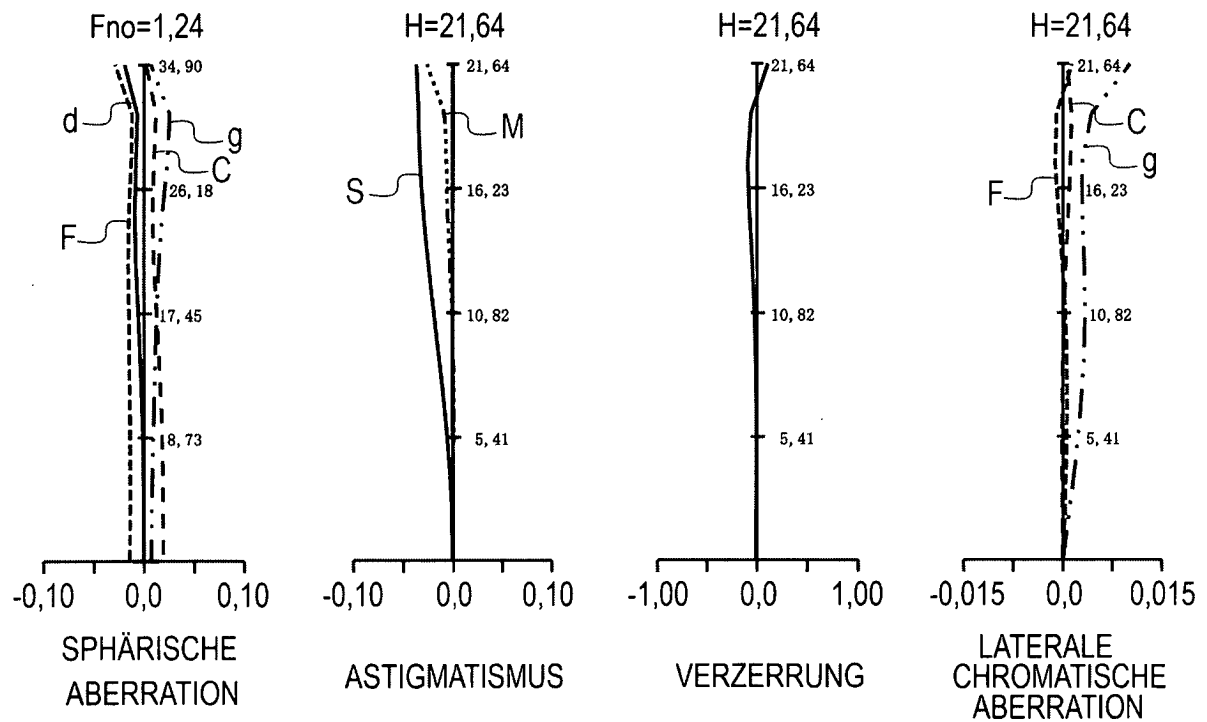


FIG. 2A

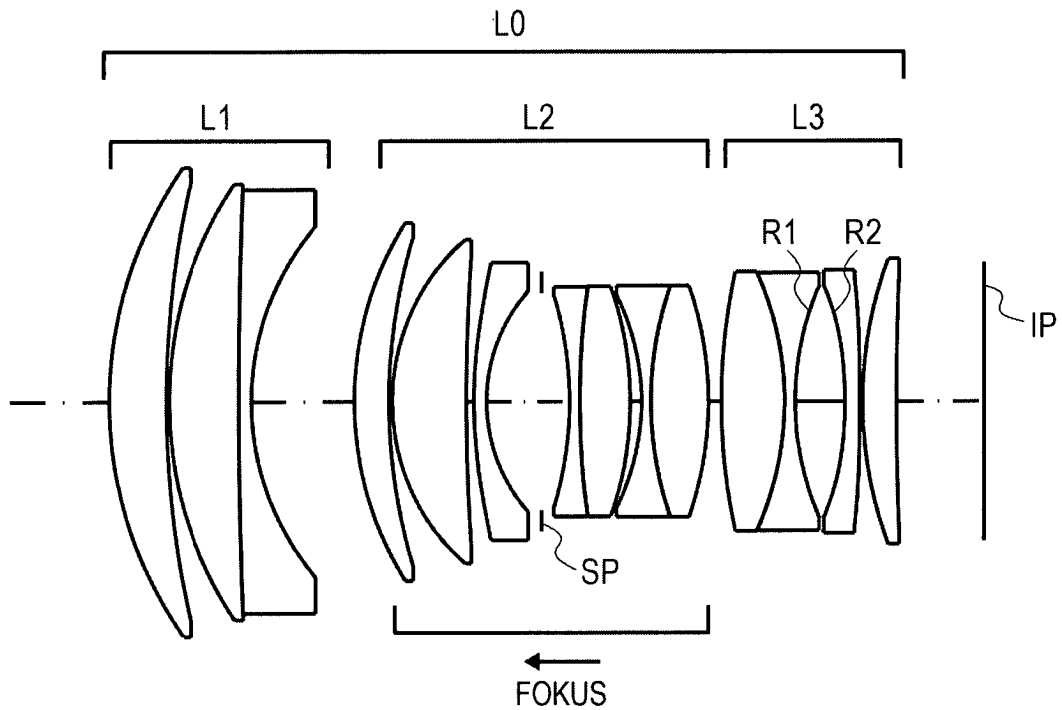


FIG. 2B

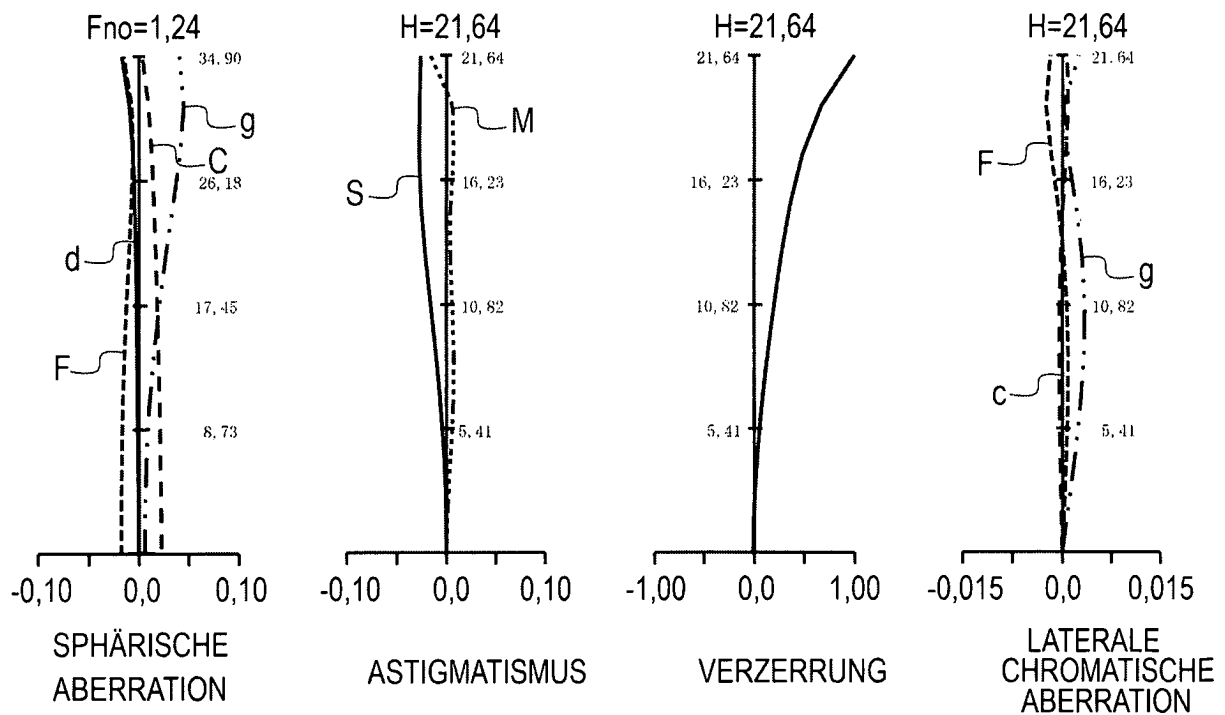


FIG. 3A

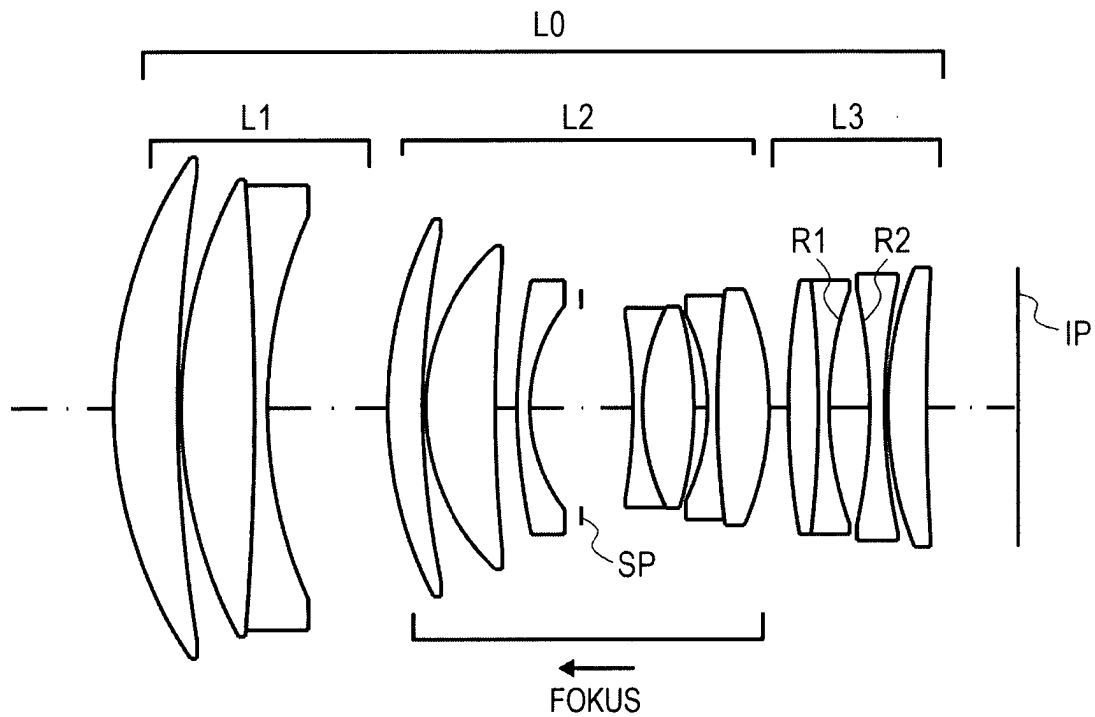


FIG. 3B

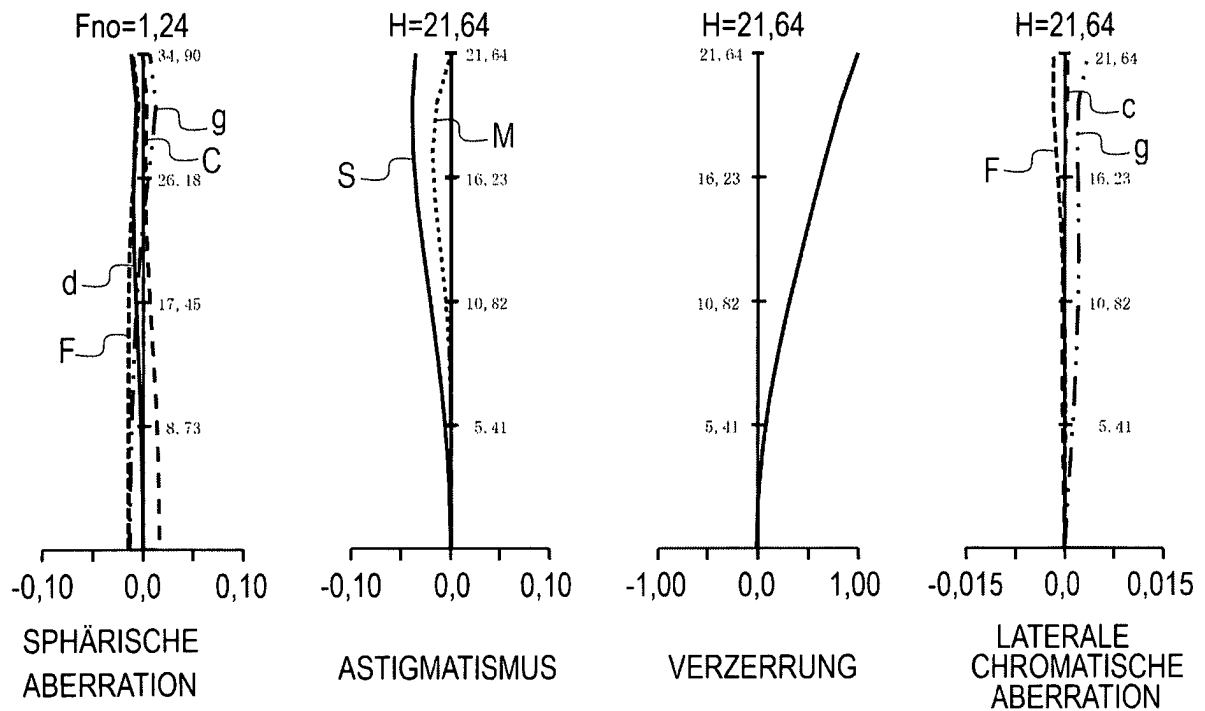


FIG. 4A

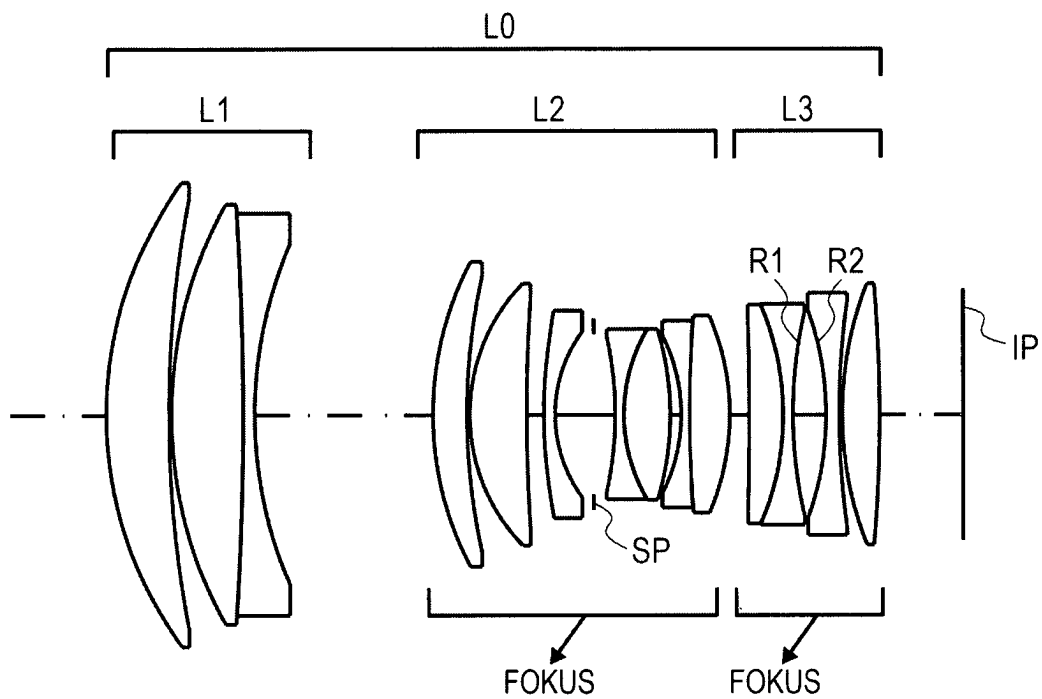


FIG. 4B

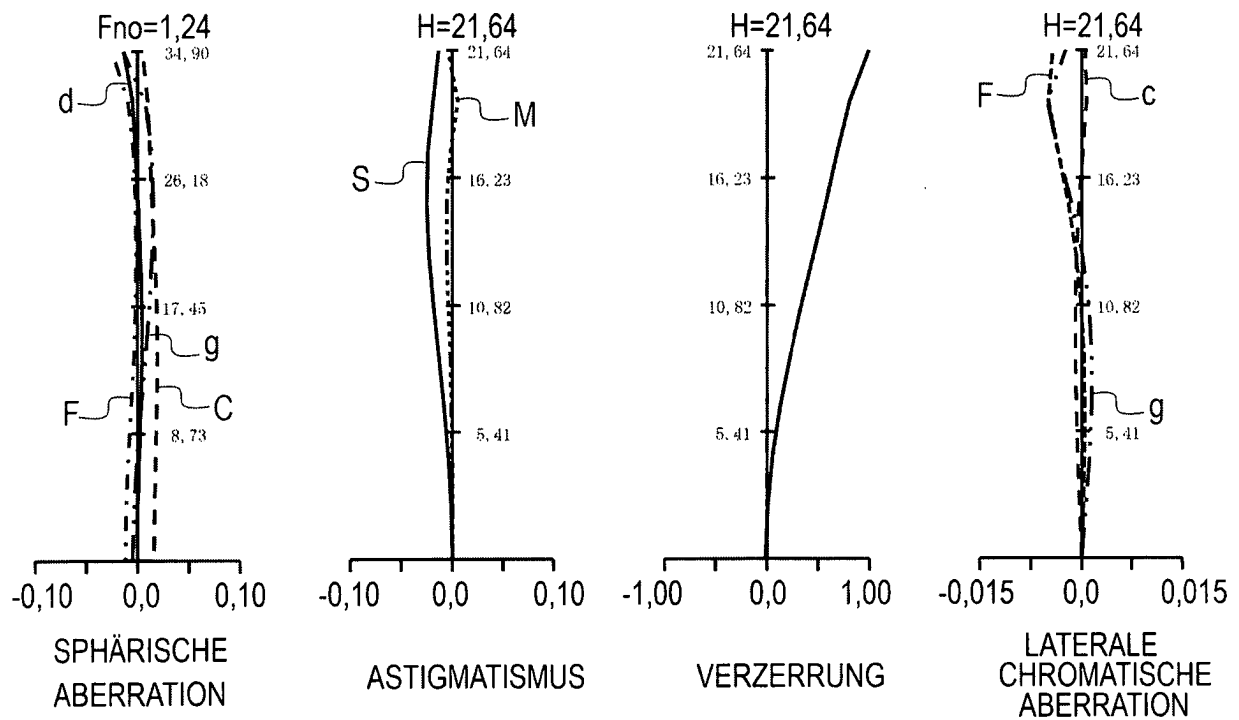


FIG. 5

