



(10) **DE 10 2023 132 645 A1** 2024.05.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 132 645.7**

(22) Anmeldetag: **23.11.2023**

(43) Offenlegungstag: **29.05.2024**

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

G03B 13/18 (2021.01)

(30) Unionspriorität:
2022-188559 **25.11.2022** **JP**

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

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

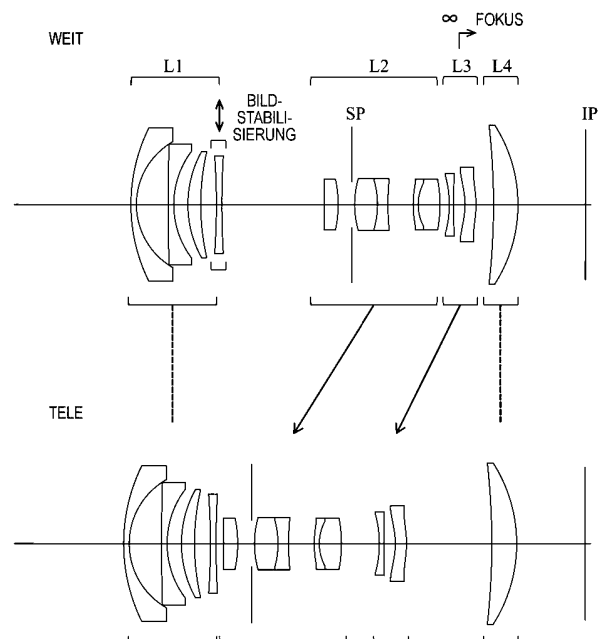
(72) Erfinder:
**Nakada, Takeharu, Tokyo, JP; Iwamoto, Shunji,
Tokyo, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Zoomlinse und Bildaufnahmevorrichtung mit dieser**

(57) Zusammenfassung: Eine Zoomlinse besteht aus einer Vielzahl von Linseneinheiten. Die Vielzahl von Linseneinheiten besteht, in der Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit (L1) mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit (L2) mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit (L3) mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit (L4) mit einer positiven Brechkraft. Ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten ändert sich während eines Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleende. Die erste Linseneinheit umfasst drei oder mehr Linsen. Die erste Linseneinheit ist relativ zu einer Bildebene während eines Zoomens fest. Eine vorbestimmte Ungleichung wird erfüllt.



Beschreibung

HINTERGRUND

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine Zoomlinse und genauer eine Zoomlinse, die für eine Bildaufnahmevorrichtung geeignet ist, wie etwa eine digitale Fotokamera, eine digitale Videokamera, eine Rundfunkkamera, eine Überwachungskamera, eine On-Board-Kamera (fahrzeugseitige Kamera), eine filmbasierte Kamera und ähnliches. Die vorliegende Erfindung kann ebenso eine Bildaufnahmevorrichtung mit einer Zoomlinse betreffen.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Es wurde kürzlich gefordert, dass ein optisches Abbildungssystem für eine Bildaufnahmevorrichtung eine kompakte Zoomlinse mit einem weiten Blickwinkel und einer hohen optischen Leistungsfähigkeit über einen gesamten Zoombereich aufweist.

[0003] Die japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2020-101750 offenbart eine Weitwinkel-Zoomlinse mit negativer Brechkraft, die eine erste Linseneinheit mit negativer Brechkraft, die am nächsten zu einem Objekt angeordnet ist, als eine Zoomlinse mit einem kompakten Gesamtsystem, in dem ein weiter Blickwinkel einfach ist, umfasst.

[0004] Die Weitwinkel-Zoomlinse mit negativer Brechkraft, die in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2020-101750 vorgeschlagen ist, besitzt einen weiten Blickwinkel und eine hohe optische Leistungsfähigkeit durch Bewegungen der ersten Linseneinheit mit negativer Brechkraft während eines Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleende.

[0005] Die Konfiguration des Bewegens der großen und schweren ersten Linseneinheit, wie in der Weitwinkel-Zoomlinse, die in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2020-101750 beschrieben ist, verkompliziert jedoch einen Bewegungsmechanismus und ist unter dem Gesichtspunkt der Miniaturisierung und Gewichtsreduzierung nachteilig.

[0006] Die vorliegende Erfindung in ihrem ersten Aspekt stellt eine Zoomlinse gemäß Anspruch 1 bereit.

[0007] Bevorzugte oder optionale Merkmale sind einzeln oder in Kombination in den Ansprüchen 2 bis 25 spezifiziert.

[0008] Die vorliegende Erfindung in ihrem zweiten Aspekt stellt eine Bildaufnahmevorrichtung gemäß Anspruch 26 bereit.

[0009] Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden von der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die anhängigen Zeichnungen ersichtlich. Jedes der Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung, die nachstehend beschrieben ist, kann einzeln oder als Kombination einer Vielzahl der Ausführungsbeispiele implementiert werden. Ebenso können Merkmale oder Elemente von unterschiedlichen Ausführungsbeispielen nach Bedarf kombiniert werden oder wo die Kombination von Elementen oder Merkmalen von individuellen Ausführungsbeispielen in einem einzelnen Ausführungsbeispiel vorteilhaft ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand bzw. fokussiertem Zustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 1 der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2A und **2B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand des Unendlichkeitsobjekts an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 1.

Fig. 3 ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 2 der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4A und **4B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 2.

- Fig. 5** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 3 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 6A** und **6B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 3.
- Fig. 7** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 4 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 8A** und **8B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 4.
- Fig. 9** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 5 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 10A** und **10B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 5.
- Fig. 11** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 6 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 12A** und **12B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 6.
- Fig. 13** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 7 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 14A** und **14B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 7.
- Fig. 15** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 8 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 16A** und **16B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 8.
- Fig. 17** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 9 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 18A** und **18B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 9.
- Fig. 19** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 10 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 20A** und **20B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 10.
- Fig. 21** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 11 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 22A** und **22B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 11.
- Fig. 23** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 12 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 24A** und **24B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 12.
- Fig. 25** ist eine Linsenschnittansicht in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an einem Weitwinkelende und einem Teleende gemäß Beispiel 13 der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 26A** und **26B** sind entsprechend Längsaberrationsdiagramme in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt an dem Weitwinkelende und dem Teleende gemäß Beispiel 13.
- Fig. 27** ist ein schematisches Diagramm einer Bildaufnahmevorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0010] Bezugnehmend nun auf die Zeichnungen wird eine Beschreibung einer Zoomlinse, einer Bildaufnahmeverrichtung und eines Bildaufnahmesystems gemäß der vorliegenden Erfindung und Offenbarung vorgenommen.

[0011] Fig. 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 und 25 sind entsprechend Linsenschnittansichten von Zoomlinsen bzw. Zoomobjektiven gemäß Beispielen 1 bis 13 der vorliegenden Erfindung in Fokussierungszuständen bei Unendlich an einem Weitwinkelende (WEIT) und einem Teleende (TELE). Eine Zoomlinse bzw. ein Zoomobjektiv gemäß jedem Beispiel kann eine Zoomlinse bzw. ein Zoomobjektiv für eine Bildaufnahmeverrichtung, wie etwa eine digitale Fotokamera, eine filmbasierte Kamera, eine digitale Videokamera, eine Überwachungskamera, eine Rundfunkkamera, und eine On-Board-Kamera sein.

[0012] In jeder Linsenschnittansicht ist eine linke Seite eine Objektseite (vorne bzw. Vorderseite) und ist eine rechte Seite eine Bildseite (hinten bzw. Rückseite). Die Zoomlinse gemäß jedem Beispiel umfasst eine Vielzahl von Linseneinheiten. In dieser Spezifikation kann eine Linseneinheit eine Gruppe von Linsen sein, die sich während eines Zoomens bewegt oder stillsteht. Das heißt, in der Zoomlinse gemäß jedem Beispiel, ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende. Jede Linseneinheit kann eine oder mehrere Linsen umfassen. Die Linseneinheit kann eine Öffnungsblende umfassen.

[0013] In jeder Linsenschnittansicht stellt Li eine i-te Linseneinheit (wobei i eine Ganzzahl ist) dar, von der Objektseite in der Zoomlinse aus gezählt.

[0014] SP bezeichnet eine Öffnungsblende. Die Öffnungsblende SP bestimmt (begrenzt) einen Lichtstrahl der maximalen Blendenzahl (F_{no}). IP bezeichnet eine Bildebene, und in einem Fall, in dem die Zoomlinse gemäß jedem Beispiel als ein optisches Abbildungssystem einer digitalen Fotokamera oder Videokamera verwendet wird, ist die Abbildungsebene eines Solid-State-Bildsensors (fotoelektrisches Umwandlungselement), wie etwa eines CCD-Sensors oder CMOS-Sensors auf der Bildebene IP angeordnet. In einem Fall, in dem die Zoomlinse gemäß irgendeinem Beispiel als ein optisches Abbildungssystem einer filmbasierten Kamera verwendet wird, ist eine fotosensitive Ebene entsprechend der Filmebene auf der Bildebene IP platziert.

[0015] Ein Pfeil in die Richtung der optischen Achse gibt eine Bewegungsrichtung der Fokussiereinheit während eines Fokussierens von Unendlich zu einer nahen (oder kurzen) Entfernung an. Ein durchgezogener Pfeil, der unter jeder Linseneinheit dargestellt ist, gibt eine Bewegung von jeder Linseneinheit während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende an. Eine vertikale gestrichelte Linie unter jeder Linseneinheit gibt an, dass jede Linseneinheit relativ zu der Bildebene während des Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende fest ist. Ein bidirektionaler Pfeil in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse gibt eine Bewegung einer Linseneinheit während einer Bildstabilisierung an.

[0016] In jedem der folgenden Beispiele beziehen sich das Weitwinkelende und das Teleende auf Zoompositionen in einem Fall, in dem sich die Linseneinheit zum Zoomen mechanisch an beiden Enden des beweglichen Bereichs auf der optischen Achse befindet.

[0017] Fig. 2A, 2B, 4A, 4B, 6A, 6B, 8A, 8B, 10A, 10B, 12A, 12B, 14A, 14B, 16A, 16B, 18A, 18B, 20A, 20B, 22A, 22B, 24A, 24B, 26A und 26B stellen jeweils Zoomlinsen gemäß den Beispielen 1 bis 13 dar. Fig. 2A, 4A, 6A, 8A, 10A, 12A, 14A, 16A, 18A, 20A, 22A, 24A und 26A sind Aberrationsdiagramme an dem Weitwinkelende und Fig. 2B, 4B, 6B, 8B, 10B, 12B, 14B, 16B, 18B, 20B, 22B, 24B und 26B sind Aberrationsdiagramme an dem Teleende.

[0018] In einem sphärischen Aberrationsdiagramm bezeichnet F_{no} eine F-Zahl bzw. Blendenzahl. Das sphärische Aberrationsdiagramm stellt sphärische Aberrationsbeträge für die d-Linie (Wellenlänge 587,6 nm) und g-Linie (Wellenlänge 435,8 nm) dar. In einem Astigmatismusdiagramm gibt S einen Astigmatismusbetrag auf einer sagittalen Bildebene an und gibt M einen Astigmatismusbetrag auf einer meridionalen Bildebene an. Ein Verzerrungsdiagramm gibt einen Verzerrungsbetrag für die d-Linie an. Ein chromatisches Aberrationsdiagramm stellt einen chromatischen Aberrationsbetrag für die g-Linie dar. ω bezeichnet einen halben Blickwinkel ($^{\circ}$) (Blickwinkel in der paraaxialen Berechnung) und gibt den Blickwinkel gemäß einem Strahlverfolgungswert an.

[0019] Nun wird eine Beschreibung der charakteristischen Konfiguration der Zoomlinse bzw. des Zoomobjektivs gemäß jedem Beispiel vorgenommen.

[0020] Die Zoomlinse bzw. das Zoomobjektiv gemäß jedem Beispiel umfasst eine Vielzahl von Linseneinheiten, die, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft besteht. In jedem Beispiel ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende.

[0021] Die erste Linseneinheit L1 umfasst drei oder mehr Linsen. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ist die erste Linseneinheit L1 relativ zu der Bildebene IP fest.

[0022] Die Zoomlinse gemäß jedem Beispiel erfüllt die folgenden Ungleichungen (1) bis (3), wobei f_1 eine Brennweite der ersten Linseneinheit L1 ist, f_2 eine Brennweite der zweiten Linseneinheit L2 ist, f_4 eine Brennweite der vierten Linseneinheit L4 ist. LD1 ist ein Abstand auf der optischen Achse von einer Linsenoberfläche auf der Objektseite einer Linse, die dem Objekt in der ersten Linseneinheit L1 am nächsten ist, zu einer Linsenoberfläche auf der Bildseite einer Linse, die der Bildebene in der ersten Linseneinheit L1 am nächsten ist. In der Zoomlinse an dem Weitwinkelende ist TTL ein Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche auf der Objektseite der Linse, die dem Objekt am nächsten ist, zu der Bildebene IP (Gesamtlänge, die durch Entfernen einer parallelen Platte, wie etwa eines Filters, erhalten wird) (Gesamtlinsenslänge bzw. Gesamtobjektivlänge).

$$0,85 < (-f_1) / f_2 < 2,00 \quad (1)$$

$$0,00 < (-f_1) / f_4 < 0,55 \quad (2)$$

$$0,00 < LD1 / TTL < 0,27 \quad (3)$$

[0023] Die Ungleichung (1) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_1 der ersten Linseneinheit L1 und der Brennweite f_2 der zweiten Linseneinheit L2 definiert. In einem Fall, in dem die Brechkraft der zweiten Linseneinheit L2 stärker wird, und der Wert von $(-f_1)/f_2$ höher als die Obergrenze der Ungleichung (1) wird, wird es schwierig, Aberrationen zu korrigieren. In einem Fall, in dem die Brechkraft der zweiten Linseneinheit L2 schwächer wird, und der Wert von $(-f_1)/f_2$ niedriger als die untere Grenze der Ungleichung (1) wird, erhöht sich der Bewegungsbetrag der zweiten Linseneinheit L2 und wird die Zoomlinse bzw. das Zoomobjektiv größer.

[0024] Die Ungleichung (2) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_1 der ersten Linseneinheit L1 und der Brennweite f_4 der vierten Linseneinheit L4 definiert. Ein Erfüllen der Ungleichung (2) kann die Größe der Zoomlinse reduzieren, während eine Telezentrität erhalten bleibt. In einem Fall, in dem die Brechkraft der vierten Linseneinheit L4 sich erhöht und der Wert von $(-f_1)/f_4$ höher als die obere Grenze der Ungleichung (2) wird, verbessert sich die Telezentrität aber wird das Zoomobjektiv bzw. die Zoomlinse größer. Der Wert von $(-f_1)/f_4$ kann nicht niedriger werden als die untere Grenze der Ungleichung (2).

[0025] Die Ungleichung (3) ist eine Ungleichung, die einen Abstand LD1 auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche auf der Objektseite der Linse, die dem Objekt in der ersten Linseneinheit L1 am nächsten ist, zu der Linsenoberfläche auf der Bildseite der Linse, die der Bildebene in der ersten Linseneinheit L1 am nächsten ist, und der Gesamtlinsenslänge TTL der Zoomlinse bei dem Weitwinkelende definiert. Ein Erfüllen der Ungleichung (3) kann das Gewicht der Zoomlinse reduzieren. In einem Fall, in dem der Wert von LD1/TTL höher als die obere Grenze von Ungleichung (3) wird, wird der Abstand LD1 zu groß und wird die erste Linseneinheit L1 größer. Der Wert von LD1/TTL kann nicht niedriger werden als die untere Grenze von Ungleichung (3).

[0026] Die Ungleichungen (1) bis (3) können durch die folgenden Ungleichungen (1a) bis (3a) ersetzt werden:

$$0,88 < (-f_1) / f_2 < 1,70 \quad (1a)$$

$$0,09 < (-f_1) / f_4 < 0,52 \quad (2a)$$

$$0,07 < LD1 / TTL < 0,25 \quad (3a)$$

[0027] Die Ungleichungen (1) bis (3) können durch die folgenden Ungleichungen (1b) bis (3b) ersetzt werden:

$$0,89 < (-f1) / f2 < 1,41 \quad (1b)$$

$$0,16 < (-f1) / f4 < 0,50 \quad (2b)$$

$$0,13 < LD1 / TTL < 0,24 \quad (3b)$$

[0028] Wie vorstehend beschrieben ist die Zoomlinse gemäß jedem Beispiel dazu konfiguriert, die Ungleichungen (1) bis (3) zu erfüllen. Dadurch kann jedes Beispiel eine Weitwinkel-Zoomlinse mit negativer Brechkraft („negative lead type wide-angle zoom lens“) bereitstellen, die kompakt und leicht ist und trotzdem eine hohe optische Leistungsfähigkeit über den gesamten Zoombereich aufweist.

[0029] Es wird eine Beschreibung von Konfigurationen von Zoomlinsen gemäß jedem Beispiel vorgenommen.

[0030] In der Zoomlinse von jedem Beispiel kann die erste Zoomlinse L1 aus Linsen mit Brechkraften bestehen. Dadurch kann die in der ersten Linseneinheit L1 erzeugte Aberration zufriedenstellend korrigiert werden, was bezüglich einer Miniaturisierung der Zoomlinse vorteilhaft ist.

[0031] In der Zoomlinse von jedem Beispiel kann die zweite Linseneinheit L2 eine Öffnungsblende SP umfassen. Die dritte Linseneinheit L3 kann eine Fokuslinseneinheit sein, die sich während des Fokussierens bewegt. Die dritte Linseneinheit kann aus einer einzelnen Linse mit negativer Festbrennweite oder aus zwei Linsen mit negativer Festbrennweite bestehen. Dadurch kann eine hohe optische Leistungsfähigkeit bei der Fokussierung von einem Objekt mit geringer Entfernung auf ein Objekt mit großer Entfernung erzielt werden.

[0032] Es wird eine Beschreibung von Ungleichungen vorgenommen, die die Zoomlinse gemäß jedem Beispiel erfüllen könnte. Die Zoomlinse gemäß jedem Beispiel könnte eine oder mehrere der folgenden Ungleichungen (4) bis (17) erfüllen.

[0033] BFw ist hier ein Luftumwandlungsbetrag einer Entfernung bzw. eines Abstandes auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche auf der Bildseite der Linse, die der Bildebene IP am nächsten ist, zu der Bildebene IP in der Zoomlinse bei dem Weitwinkelende in einem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt (Abstand, der durch Entfernen einer parallelen Platte, wie etwa eines Filters, erhalten wird (Back-Fokus)). fw ist eine Brennweite der Zoomlinse an dem Weitwinkelende. f3 ist eine Brennweite der dritten Linseneinheit L3. ft ist eine Brennweite der Zoomlinse an dem Teleende. β_{2t} ist eine seitliche Vergrößerung bzw. Quervergrößerung der zweiten Linseneinheit L2 an dem Teleende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt. β_{2w} ist eine seitliche Vergrößerung der zweiten Linseneinheit L2 an dem Weitwinkelende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt. β_{3t} ist eine seitliche Vergrößerung der dritten Linseneinheit L3 an dem Teleende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt. β_{3w} ist eine seitliche Vergrößerung der dritten Linseneinheit L3 an dem Weitwinkelende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt. fn1 ist eine Brennweite der ersten negativen Linse in der ersten Linseneinheit L1. fn2 ist eine Brennweite der zweiten negativen Linse in der ersten Linseneinheit L1. fp1 ist eine Brennweite der ersten positiven Linse in der ersten Linseneinheit L1.

$$0,30 < BFw / (-f1) < 1,50 \quad (4)$$

$$0,07 < BFw / TTL < 0,30 \quad (5)$$

$$2,0 < TTL / (-f1) < 6,0 \quad (6)$$

$$3,0 < TTL / fw < 7,5 \quad (7)$$

$$0,1 < f2 / (-f3) < 1,5 \quad (8)$$

$$0,05 < f2 / f4 < 0,80 \quad (9)$$

$$0,1 < (-f_3) / f_4 < 2,0 \quad (10)$$

$$0,5 < (-f_1) / f_w < 2,5 \quad (11)$$

$$0,2 < (-f_1) / f_t < 1,4 \quad (12)$$

$$0,5 < \beta_{2t} / \beta_{2w} < 3,0 \quad (13)$$

$$0,5 < \beta_{3t} / \beta_{3w} < 2,0 \quad (14)$$

$$0,5 < f_{n1} / f_1 < 2,0 \quad (15)$$

$$0,5 < f_{n2} / f_1 < 10,0 \quad (16)$$

$$0,5 < f_{p1} / (-f_1) < 5,0 \quad (17)$$

[0034] Die Ungleichung (4) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen dem Back-Fokus B_{Fw} der Zoomlinse an dem Weitwinkelende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt und der Brennweite f_1 der ersten Linseneinheit L1 definiert. In einem Fall, in dem die Brechkraft der ersten Linseneinheit L1 stärker wird und der Wert von $B_{Fw}/(-f_1)$ höher als die Obergrenze von Ungleichung (4) wird, wird eine Aberrationskorrektur schwierig. In einem Fall, in dem die Brechkraft der ersten Linseneinheit L1 schwächer wird und der Wert von $B_{Fw}/(-f_1)$ niedriger als die untere Grenze der Ungleichung (4) wird, wird die Zoomlinse größer.

[0035] Die Ungleichung (5) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen dem Back-Fokus B_{Fw} der Zoomlinse an dem Weitwinkelende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt und der Gesamtlinslänge TTL der Zoomlinsen an dem Weitwinkelende definiert. Eine Erfüllung der Ungleichung (5) kann die Größe der Zoomlinse reduzieren, während einer Telezentrität beibehalten wird. In einem Fall, in dem der Wert von B_{Fw}/TTL höher als die Obergrenze von Ungleichung (5) wird, wird die Zoomlinse größer. In einem Fall, in dem der Wert von B_{Fw}/TTL niedriger als die untere Grenze von Ungleichung (5) wird, wird der Back-Fokus B_{Fw} zu kurz und wird es schwierig eine Telezentrität beizubehalten.

[0036] Die Ungleichung (6) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Gesamtlinslänge TTL der Zoomlinse an dem Weitwinkelende und der Brennweite f_1 der ersten Linseneinheit L1 definiert. In einem Fall, in dem die Brechkraft der ersten Linseneinheit L1 stärker wird und der Wert von $TTL/(-f_1)$ größer als die Obergrenze von Ungleichung (6) wird, wird eine Aberrationskorrektur schwierig. In einem Fall, in dem die Brechkraft der ersten Linseneinheit L1 schwächer wird, und der Wert von $TTL/(-f_1)$ niedriger als die untere Grenze von Ungleichung (6) wird, wird die Zoomlinse größer.

[0037] Die Ungleichung (7) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Gesamtlinslänge TTL der Zoomlinse an dem Weitwinkelende und der Brennweite f_w der Zoomlinse an dem Weitwinkelende definiert. In einem Fall, in dem der Wert von TTL/f_w höher als die obere Grenze von Ungleichung (7) wird, wird die Zoomlinse größer. In einem Fall, in dem der Wert von TTL/f_w niedriger als die untere Grenze von Ungleichung (7) wird, wird eine Aberrationskorrektur schwierig.

[0038] Die Ungleichung (8) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_2 der zweiten Linseneinheit L2 und der Brennweite f_3 der dritten Linseneinheit L3 definiert. In einem Fall, in dem die Brechkraft der zweiten Linseneinheit L2 schwächer wird und der Wert von $f_2/(-f_3)$ höher als die obere Grenze von Ungleichung (8) wird, wird die Zoomlinse größer. In einem Fall, in dem die Brechkraft der zweiten Linseneinheit L2 stärker wird und der Wert von $f_2/(-f_3)$ niedriger als die untere Grenze der Ungleichung (8) wird, wird eine Aberrationskorrektur schwierig.

[0039] Die Ungleichung (9) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_2 der zweiten Linseneinheit L2 und der Brennweite f_4 der vierten Linseneinheit L4 definiert. In einem Fall, in dem die Brechkraft der zweiten Linseneinheit L2 schwächer wird und der Wert von f_2/f_4 höher als die obere Grenze von Ungleichung (9) wird, wird die Zoomlinse größer. In einem Fall, in dem die Brechkraft der zweiten Linseneinheit L2 stärker wird und der Wert von f_2/f_4 niedriger als die untere Grenze von Ungleichung (9) wird, wird eine Aberrationskorrektur schwierig.

[0040] Die Ungleichung (10) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_3 der dritten Linseneinheit L3 und der Brennweite f_4 der vierten Linseneinheit L4 definiert. In einem Fall, in dem die Brechkraft der dritten Linsen einer L3 schwächer wird und der Wert von $(-f_3)/f_4$ höher als die obere Grenze von Ungleichung (10) wird, wird die Zoomlinse größer. In einem Fall, in dem die Brechkraft der dritten Linseneinheit L3 stärker wird und der Wert von $(-f_3)/f_4$ niedriger als die untere Grenze der Ungleichung (10) wird, wird eine Aberrationskorrektur schwierig.

[0041] Die Ungleichung (11) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_1 der ersten Linseneinheit L1 und der Brennweite f_w der Zoomlinse an dem Weitwinkelende definiert. In einem Fall, in dem die Brechkraft der ersten Linseneinheit L1 schwächer wird und der Wert von $(-f_1)/f_w$ höher als die obere Grenze von Ungleichung (11) wird, wird die Zoomlinse größer. In einem Fall, in dem die Brechkraft der ersten Linseneinheit L1 stärker wird und der Wert von $(-f_1)/f_w$ niedriger als die untere Grenze von Ungleichung (11) wird, wird eine Aberrationskorrektur schwierig.

[0042] Die Ungleichung (12) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_1 der ersten Linseneinheit L1 und der Brennweite f_t der Zoomlinse an dem Teleende definiert. In einem Fall, in dem die Brechkraft der ersten Linseneinheit L1 schwächer wird und der Wert von $(-f_1)/f_t$ höher als die obere Grenze der Ungleichung (12) wird, wird die Zoomlinse größer. In einem Fall, in dem die Brechkraft der ersten Linseneinheit L1 stärker wird und der Wert von $(-f_1)/f_t$ niedriger als die untere Grenze von Ungleichung (12) wird, wird eine Aberrationskorrektur schwierig.

[0043] Die Ungleichung (13) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der seitlichen Vergrößerung β_{2t} der zweiten Linseneinheit L2 an dem Teleende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt und der seitlichen Vergrößerung β_{2w} der zweiten Linseneinheit L2 an dem Weitwinkelende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt definiert. In einem Fall, in dem Ungleichung (13) nicht erfüllt ist, wird eine Aberrationskorrektur über den gesamten Zoombereich schwierig.

[0044] Die Ungleichung (14) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der seitlichen Vergrößerung β_{3t} der dritten Linseneinheit L3 an dem Teleende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt und der seitlichen Vergrößerung β_{3w} der dritten Linseneinheit L3 an dem Weitwinkelende in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt definiert. In einem Fall, in dem Ungleichung (14) nicht erfüllt ist, wird eine Aberrationskorrektur über den gesamten Zoombereich schwierig.

[0045] Die Ungleichung (15) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_{n1} der ersten negativen Linse, die eine der Linsen in der ersten Linseneinheit L1 ist, und der Brennweite f_1 der ersten Linseneinheit L1 definiert. In einem Fall, in dem Ungleichung (15) nicht erfüllt ist, wird eine Aberrationskorrektur über den gesamten Zoombereich schwierig.

[0046] Die Ungleichung (16) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_{n2} der zweiten negativen Linse, die eine der Linsen in der ersten Linseneinheit L1 ist, und der Brennweite f_1 der ersten Linseneinheit L1 definiert. In einem Fall, in dem Ungleichung (16) nicht erfüllt ist, wird eine Aberrationskorrektur über den gesamten Zoombereich schwierig.

[0047] Die Ungleichung (17) ist eine Ungleichung, die ein Verhältnis zwischen der Brennweite f_{p1} der ersten positiven Linse, die eine der Linsen in der ersten Linseneinheit L1 ist, und der Brennweite f_1 der ersten Linseneinheit L1 definiert. In einem Fall, in dem Ungleichung (17) nicht erfüllt ist, wird eine Aberrationskorrektur über den gesamten Zoombereich schwierig.

[0048] Die Ungleichungen (4) bis (17) könnten durch die folgenden Ungleichungen (4a) bis (17a) ersetzt werden:

$$0,33 < BFW / (-f_1) < 1,11 \quad (4a)$$

$$0,10 < BFW / TTL < 0,27 \quad (5a)$$

$$2,3 < TTL / (-f_1) < 5,3 \quad (6a)$$

$$3,6 < TTL / f_w < 7,1 \quad (7a)$$

$$0,17 < f_2 / (-f_3) < 1,12 \quad (8a)$$

$$0,09 < f_2 / f_4 < 0,62 \quad (9a)$$

$$0,15 < (-f_3) / f_4 < 1,68 \quad (10a)$$

$$0,89 < (-f_1) / f_w < 2,11 \quad (11a)$$

$$0,39 < (-f_1) / f_t < 1,13 \quad (12a)$$

$$1,0 < \beta_{2t} / \beta_{2w} < 2,45 \quad (13a)$$

$$0,8 < \beta_{3t} / \beta_{2w} < 1,63 \quad (14a)$$

$$0,60 < f_{n1} / f_1 < 1,82 \quad (15a)$$

$$0,76 < f_{n2} / f_1 < 8,22 \quad (16a)$$

$$0,72 < f_{p1} / (-f_1) < 4,16 \quad (17a)$$

[0049] Die Ungleichungen (4) bis (17) könnten durch die folgenden Ungleichungen (4b) bis (17b) ersetzt werden:

$$0,37 < B_{Fw} / (-f_1) < 0,75 \quad (4b)$$

$$0,12 < B_{Fw} / TTL < 0,24 \quad (5b)$$

$$2,7 < TTL / (-f_1) < 4,7 \quad (6b)$$

$$4,3 < TTL / f_w < 6,8 \quad (7b)$$

$$0,23 < f_2 / (-f_3) < 0,76 \quad (8b)$$

$$0,11 < f_2 / f_4 < 0,45 \quad (9b)$$

$$0,17 < (-f_3) / f_4 < 1,37 \quad (10b)$$

$$1,2 < (-f_1) / f_w < 1,9 \quad (11b)$$

$$0,58 < (-f_1) / f_t < 0,90 \quad (12b)$$

$$1,5 < \beta_{2t} / \beta_{2w} < 2,0 \quad (13b)$$

$$1,09 < \beta_{3t} / \beta_{3w} < 1,26 \quad (14b)$$

$$0,68 < f_{n1} / f_1 < 1,65 \quad (15b)$$

$$1,0 < f_{n2} / f_1 < 6,5 \quad (16b)$$

$$0,9 < f_{p1} / (-f_1) < 3,4 \quad (17b)$$

[0050] Nun wird eine detaillierte Beschreibung der Zoomlinse gemäß jedem Beispiel vorgenommen.

[0051] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 1 besteht, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während einer Fokussierung bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der ersten Linseneinheit L1 in eine

Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0052] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 2 besteht, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich eine Entfernung zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während eines Fokussierens bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der zweiten Linseneinheit L2 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0053] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 3 besteht, in Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während einer Fokussierung bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der zweiten Linseneinheit L2 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0054] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 4 besteht, in Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während eines Fokussierens bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der ersten Linseneinheit L1 in Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0055] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 5 besteht, in Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während eines Fokussierens bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der zweiten Linseneinheit L2 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0056] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 6 besteht, in Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während eines Fokussierens bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der vierten Linseneinheit L4 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0057] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 7 besteht, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während einer Fokussierung bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der zweiten Linseneinheit L2 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0058] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 8 besteht, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während einer Fokussierung bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der zweiten Linseneinheit L2 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0059] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 9 besteht, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L2 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während eines Fokussierens bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der ersten Linseneinheit L1 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0060] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 10 besteht, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während eines Fokussierens bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der zweiten Linseneinheit L2 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0061] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 11 besteht, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während eines Fokussierens bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der ersten Linseneinheit L1 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0062] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 12 besteht, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die erste Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während eines Fokussierens bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der ersten Linseneinheit L1 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0063] Die Zoomlinse gemäß Beispiel 13 besteht, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit L1 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit L2 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft. Während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende ändert sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten und die Linseneinheit L1 und die vierte Linseneinheit L4 sind relativ zu der Bildebene IP fest. Während eines Fokussierens bewegt sich die dritte Linseneinheit L3. Eine Bildstabilisierung kann durch Bewegen eines Teils der ersten Linseneinheit L1 in eine Richtung, die eine Komponente in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse umfasst, durchgeführt werden.

[0064] Numerische Beispiele 1 bis 13 entsprechen den Beispielen 1 bis 13 werden nachstehend dargestellt.

[0065] In Oberflächendaten von jedem numerischen Beispiel stellt r einen Radius einer Krümmung von jeder optischen Oberfläche dar und stellt d (mm) einen Abstand auf der Achse (Abstand auf der optischen Achse) zwischen einer m-ten Oberfläche und einer (m+1)-ten Oberfläche dar, wobei m eine Oberflächenzahl ist, die von der Lichteinfallseite aus gezählt wird. nd stellt einen Brechungsindex für die d-Linie von jedem optischen Element dar und vd stellt eine Abbe-Zahl des optischen Elements basierend auf der d-Linie dar. Die Abbe-Zahl vd eines bestimmten Materials wird wie folgt ausgedrückt:

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

wobei Nd, NF und NC entsprechend Brechungsindices basierend auf der d-Linie (587,6 nm), der F-Linie (486,1 nm) und der C-Linie (656,3 nm) in der Fraunhofer-Linie sind.

[0066] In jedem numerischen Beispiel sind die Werte von d, einer Brennweite (mm), einer Blendenzahl bzw. F-Zahl, und einem halben Blickwinkel (°) in einem Fall eingestellt, in dem das optische System gemäß jedem Beispiel in dem Fokussierungszustand auf das Unendlichkeitsobjekt ist. Ein Back-Fokus BF bzw. Hinterbrennpunkt ist ein Abstand auf der optischen Achse von der finalen Linsenoberfläche (Linsenoberfläche, die der Bildebene am nächsten ist) der Zoomlinse L0 zu der paraaxialen Bildebene, die in einer Luftumwandlungslänge ausgedrückt ist. Die Gesamtlinsenlänge der Zoomlinse L0 ist eine Länge, die durch Addieren des Back-Fokus zu einem Abstand auf der optischen Achse von der ersten Linsenoberfläche (Linsenoberfläche, die dem Objekt am nächsten ist) zu der finalen bzw. letzten Linsenoberfläche erhalten wird. Die Linseneinheit umfasst eine oder mehrere Linsen.

[0067] In einem Fall, in dem die optische Oberfläche asphärisch ist, ist ein Sternchen * auf der rechten Seite der Oberflächenzahl angefügt. Der asphärische Form wird wie folgt ausgedrückt:

$$X = (h^2 / R) / \left[1 + \left\{ 1 - (1+K)(h/R)^2 \right\}^{1/2} \right] + A4 \times h^4 + A6 \times h^6 + A8 \times h^8 + A10 \times h^{10} + A12 \times h^{12}$$

wobei X ein Versatzbetrag von einem Oberflächenscheitelpunkt in der optischen Achsenrichtung ist, h eine Höhe von der optischen Achse in eine Richtung senkrecht zu der optischen Achse ist, eine Lichtlaufrichtung positiv eingestellt ist, R ein paraaxialer Radius einer Krümmung ist, K eine konische Konstante ist, und A4, A6, A8, A10 und A12 asphärische Koeffizienten sind. „e±XX“ in jedem asphärischen Koeffizienten bedeutet „×10 ±XX“.

NUMERISCHES BEISPIEL 1

[0068] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
1	31.510	1.00	1.80400	46.5
2	13.253	5.81		
3	384.169	1.00	1.59282	68.6
4	16.237	2.57		
5	20.027	2.35	1.85478	24.8
6	43.038	2.86		
7	-122.389	1.00	1.49700	81.5
8	153.848	(Variabel)		
9	-132.462	2.51	1.48749	70.2
10	-22.094	2.50		
11 (SP)	∞	0.50		
12	16.955	4.23	1.83481	42.7

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
13	-15.911	1.90	1.90366	31.3
14	46.587	4.62		
15	20.752	0.90	1.80400	46.5
16	8.522	3.98	1.49700	81.5
17	-23.714	(Variabel)		
18	-19.766	0.80	1.56732	42.8
19	209.263	2.07		
20*	-13.721	2.00	1.53110	55.9
21*	-19.057	(Variabel)		
22	-129.610	4.47	1.85150	40.8
23	-26.924	12.29		
IP	∞			

ASPÄRISCHE DATEN

20-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 3.64281e - 04 \quad A_6 = 2.03779e - 06 \quad A_8 = -1.61378e - 08$$

21-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 3.50063e - 04 \quad A_6 = 1.61923e - 06 \quad A_8 = -1.64849e - 08$$

Verschiedene Daten

	Zoom-Verhältnis	2.34	WEIT	MITTE	TELE
BRennweite			12.42	18.65	29.07
Fno			4.10	5.13	6.40
Halber Blickwinkel (°)			47.72	36.22	25.17
Bildhöhe			11.37	12.86	13.66
Gesamtlinsenlänge			82.97	82.97	82.97
BF			12.29	12.29	12.29
d 8			18.70	10.05	1.39
d17			1.69	2.74	6.86
d21			3.20	10.80	15.34

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-17.76
2	9	17.38
3	18	-24.70
4	22	39.13

NUMERISCDHES BEISPIEL 2

[0069] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächennr.-	r	d	nd	vd
1	34.396	1.00	1.77250	49.6
2	13.292	5.69		
3	-323.606	1.00	1.59282	68.6
4	16.748	2.92		
5	20.652	2.29	1.84666	23.8
6	36.566	(Variabel)		
7	-301.068	3.73	1.48749	70.2
8	-30.039	4.78		
9 (SP)	∞	0.50		
10	19.485	3.34	1.83481	42.7
11	-14.251	1.90	1.90366	31.3
12	∞	4.14		
13	25.728	1.00	1.83481	42.7
14	9.171	3.79	1.49700	81.5
15	-26.368	(Variabel)		
16	-23.072	0.80	1.51742	52.4
17	82.694	2.02		
18*	-15.829	2.00	1.53110	55.9
19*	-21.570	(Variabel)		
20	-120.000	4.42	1.77250	49.6
21	-27.671	12.13		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

18-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 3.32711e - 04 \quad A_6 = 1.73403e - 06 \quad A_8 = -1.45204e - 08$$

19-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 3.39522e - 04 \quad A_6 = 1.63472e - 06 \quad A_8 = -1.61755e - 08$$

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	2.35	WEIT	MITTE	TELE
Bennweite		12.40	18.66	29.10
Fno		4.10	5.10	6.40
halber Blickwinkel (°)		47.76	36.21	25.15
Bildhöhe		11.37	12.86	13.66
Gesamtlinsenlänge		83.44	83.44	83.44

	WEIT	MITTE	TELE
BF	12.13	12.13	12.13
d 6	19.82	10.85	1.88
d15	1.77	2.36	6.01
d19	4.41	12.78	18.10
d21	12.13	12.13	12.13

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-18.26
2	7	17.57
3	16	-27.60
4	20	45.60

NUMERISCHES BEISPIEL 3

[0070] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
1	35.706	1.00	1.77250	49.6
2	14.414	5.20		
3	-441.444	1.00	1.59282	68.6
4	16.131	3.30		
5	21.292	3.27	1.84666	23.8
6	38.733	(Variabel)		
7	-260.840	2.46	1.48749	70.2
8	-33.213	2.00		
9 (SP)	∞	2.00		
10	20.926	4.64	1.85150	40.8
11	-18.671	0.22		
12	-17.428	0.80	1.85478	24.8
13	218.347	4.07		
14	28.492	1.00	1.72916	54.7
15	9.356	5.18	1.49700	81.5
16	-24.952	(Variabel)		
17	-22.720	0.80	1.57099	50.8
18	148.402	1.72		
19*	-23.196	2.00	1.53110	55.9
20*	-30.564	(Variabel)		
21	-120.000	4.34	1.77250	49.6
22	-27.692	(Variabel)		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

19-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 2.94393e - 04 \quad A_6 = 7.13003e - 06 \quad A_8 = -1.72892e - 08$$

20-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 3.24911e - 04 \quad A_6 = 1.01599e - 06 \quad A_8 = -1.72183e - 08$$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis	2.35		
	WEIT	MITTE	TELE
Brennweite	12.40	18.69	29.10
Fno	4.10	4.10	4.10
Halber Blickwinkel (°)	47.76	36.16	25.15
Bildhöhe	11.37	12.86	13.66
Gesamtlinsenlänge	82.02	82.02	82.02
BF	12.79	12.79	12.79
d 6	19.99	10.92	1.84
d16	1.66	2.03	5.63
d20	2.58	11.29	16.76
d22	12.79	12.79	12.79

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-19.53
2	7	17.94
3	17	-29.69
4	21	45.67

NUMERISCHES BEISPIEL 4

[0071] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
1	114.124	1.00	1.77250	49.6
2	12.042	4.29		
3*	43.105	2.50	1.53110	55.9
4*	20.966	1.99		
5	35.204	2.90	1.77047	29.7
6	-114.527	1.97		
7	-32.492	1.00	1.49700	81.5
8	-70.456	(Variabel)		
9	18.171	1.94	1.77250	49.6

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
10	-529.066	2.48		
11 (SP)	∞	1.38		
12	12.421	1.79	1.59282	68.6
13	44.069	0.36		
14	-46.037	1.00	1.68893	31.1
15	10.684	0.48		
16	25.111	3.36	1.59282	68.6
17	-21.982	(Variabel)		
18*	-18.435	2.00	1.53110	55.9
19*	-32.813	(Variabel)		
20	-120.000	4.59	1.63854	55.4
21	-29.908	11.78		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

3-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -8.94309e - 05 \quad A_6 = 7.11824e - 07 \quad A_8 = -3.52027e - 09$$

4-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.48535e - 04 \quad A_6 = 6.59805e - 07 \quad A_8 = -5.15433e - 09$$

18-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 2.68346e - 04 \quad A_6 = 2.81044e - 06 \quad A_8 = -9.40023e - 08$$

19-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 2.67097e - 04 \quad A_6 = 1.59679e - 06 \quad A_8 = -5.11740e - 08$$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis 2.02

	WEIT	MITTE	TELE
Brennweite	14.40	20.07	29.10
Fno	4.10	5.02	6.29
Halber Blickwinkel (°)	43.40	34.24	25.14
Bildhöhe	11.46	12.40	13.17
Gesantlinsenlänge	75.06	75.06	75.06
BF	11.78	11.78	11.78
d 8	16.11	8.43	0.74
d17	1.84	1.00	6.15
d19	10.29	18.81	21.35
d21	11.78	11.78	11.78

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-21.90
2	9	19.73
3	18	-83.23
4	20	61.17

NUMERISCHES BEISPIEL 5

[0072] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
1	235.833	1.00	1.77250	49.6
2	10.085	4.16		
3*	-895.559	2.50	1.53110	55.9
4*	44.647	1.74		
5	64.099	1.78	2.05090	26.9
6	-162.178	(Variabel)		
7	-459.615	2.29	1.48749	70.2
8	-33.943	4.00		
9	18.560	3.57	1.69680	55.5
10	-16.150	1.00	1.90043	37.4
11	-62.644	1.84		
12 (SP)	∞	4.68		
13	25.922	1.00	1.83481	42.7
14	8.456	4.21	1.49700	81.5
15	-26.343	(Variabel)		
16	-34.878	0.80	1.61772	49.8
17	139.823	4.14		
18*	-9.417	2.00	1.53110	55.9
19*	-12.991	(Variabel)		
20	-120.000	4.63	1.63854	55.4
21	-24.348	11.50		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

3-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -8.12193e - 05 \quad A_6 = 8.99724e - 07 \quad A_8 = -1.19209e - 08$$

4-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.28410e - 04 \quad A_6 = 3.69150e - 06 \quad A_8 = -1.09948e - 08$$

18-te Oberfläche

$K = 0.00000e + 00$ $A_4 = 2.77887e - 04$ $A_6 = 6.15575e - 06$ $A_8 = -2.56537e - 08$

19-te Oberfläche

$K = 0.00000e + 00$ $A_4 = 2.14784e - 04$ $A_6 = 3.85389e - 06$ $A_8 = -2.47687e - 08$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis	2.02		
	WEIT	MITTE	TELE
Brennweite	14.40	20.23	29.10
Fno	4.10	5.04	6.40
Halber Blickwinkel (°)	43.30	34.02	25.14
Bildhöhe	11.42	12.56	13.22
Gesamtlinsenlänge	78.52	78.52	78.52
BF	11.50	11.50	11.50
d 6	16.23	8.82	1.41
d15	1.45	2.48	6.02
d19	3.98	10.37	14.24
d21	11.50	11.50	11.50

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-18.40
2	7	18.55
3	16	-28.78
4	20	46.95

NUMERISCHES BEISPIEL 6

[0073] EINEHIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
1	93.086	1.00	1.77250	49.6
2	11.534	5.04		
3*	35.096	2.50	1.53110	55.9
4*	18.745	1.76		
5	34.034	2.40	1.84666	23.8
6	247.520	(Variabel)		
7	21.135	3.07	1.77250	49.6
8	-83.384	2.42		
9 (SP)	∞	1.42		
10	11.906	1.79	1.60311	60.6
11	24.109	0.36		
12	-32.365	1.05	1.72151	29.2

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
13	11.247	0.46		
14	18.005	2.74	1.60311	60.6
15	-16.851	(Variabel)		
16*	-20.785	2.00	1.53110	55.9
17*	-46.785	(Variabel)		
18	227.811	1.00	1.65844	50.9
19	39.504	5.98		
20	41.856	6.15	1.72916	54.7
21	-63.192	13.08		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

3-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.05255e - 04 \quad A_6 = 6.96967e - 07 \quad A_8 = -3.20460e - 09$$

4-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.71621e - 04 \quad A_6 = 6.71606e - 07 \quad A_8 = -5.21171e - 09$$

16-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 2.57526e - 04 \quad A_6 = 2.11426e - 06 \quad A_8 = -6.79744e - 08$$

17-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 2.59203e - 04 \quad A_6 = 1.45831e - 06 \quad A_8 = -4.89468e - 08$$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis 1.97

	WEIT	MITTE	TELE
Brennweite	14.47	19.96	28.47
Fno	4.10	5.01	6.22
Halber Blickwinkel (°)	43.35	34.39	25.63
Bildhöhe	11.42	12.56	13.22
Gesamtlinsenlänge	72.82	72.82	72.82
BF	13.08	13.08	13.08
d 6	15.12	7.96	0.79
d15	1.64	0.67	4.33
d17	1.83	9.96	13.47
d21	13.08	13.08	13.08

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-22.02
2	7	18.72

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
3	16	-72.35
4	18	57.69

NUMERISCHES BEISPIEL7

[0074] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächen -nr.	r	d	nd	vd
1	∞	1.50		
2	49.839	1.40	1.77250	49.6
3	17.865	9.70		
4	-74.024	1.10	1.59282	68.6
5	26.453	2.18		
6	28.144	5.42	1.80610	33.3
7	155.531	(Variabel)		
8	24.363	3.01	1.72916	54.7
9	133.320	2.61		
10 (SP)	∞	2.00		
11	42.759	1.00	1.76634	35.8
12	11.137	5.77	1.72916	54.7
13	-107.618	2.85		
14	-20.935	1.00	1.53172	48.8
15	38.508	0.15		
16*	29.415	7.00	1.49700	81.5
17*	-16.643	(Variabel)		
18	26.091	0.80	1.60342	38.0
19	16.431	9.30		
20*	-50.394	2.40	1.53110	55.9
21*	-1001.831	(Variabel)		
22	-200.000	3.26	1.90065	31.6
23	-61.168	12.68		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

16-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -5.16959e - 05 \quad A_6 = -1.53463e - 07 \quad A_8 = -3.31876e - 09$$

17-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 3.33206e - 05 \quad A_6 = -2.05294e - 07 \quad A_8 = -1.88875e - 09$$

20-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -3.57991e - 05 \quad A_6 = -1.41049e - 07 \quad A_8 = -1.54522e - 09$$

21-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -4.36025e - 05 \quad A_6 = -1.02183e - 07 \quad A_8 = -4.60803e - 10$$

Verschiedene Daten

	Zoom-Verhältnis	1.89		
		WEIT	MITTE	TELE
Brennweite		20.60	28.40	39.00
Fno		4.10	4.10	4.10
Halber Blickwinkel (°)		46.40	37.29	29.01
Bildhöhe		17.94	19.62	20.74
Gesamtlinsenlänge		97.01	97.01	97.01
BF		12.68	12.68	12.68
d7		18.11	9.58	1.05
d17		1.79	1.00	2.86
d21		2.00	11.32	18.00
d23		12.68	12.68	12.68

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-30.37
2	8	24.27
3	18	-41.20
4	22	96.76

NUMERISCHES BEISPIEL 8

[0075] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
1	42.299	1.50	1.75500	52.3
2	18.914	8.16		
3	-142.144	1.20	1.59282	68.6
4	30.217	5.54		
5	33.034	2.03	1.96300	24.1
6	50.217	(Variabel)		
7	3588.151	3.04	1.53775	74.7
8	-40.853	1.62		
9	23.007	4.07	1.79952	42.2
10	-26.519	1.01	1.95375	32.3
11	79.436	3.46		
12 (SP)	∞	5.69		
13	28.102	1.00	1.85150	40.8
14	11.348	4.25	1.59522	67.7

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
15	-45.381	(Variabel)		
16	41.052	0.80	1.51742	52.4
17	15.294	6.27		
18*	-51.838	2.10	1.53110	55.9
19*	-1006.304	(Variabel)		
20	-200.000	5.59	1.77250	49.6
21	-45.565	(Variabel)		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

18-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -2.18376e - 04 \quad A_6 = 8.06571e - 07 \quad A_8 = -7.88304e - 09$$

19th Surface

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.88281e - 04 \quad A_6 = 7.88400e - 07 \quad A_8 = -4.74781e - 09$$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis	2.35		
	WEIT	MITTE	TELE
Brennweite	20.60	31.11	48.50
Fno	4.10	5.20	5.88
Halber Blickwinkel (°)	46.40	34.81	24.04
Bildhöhe	18.22	20.32	21.64
Gesamtlinsenlänge	106.52	106.52	106.52
BF	19.41	19.41	19.41
d6	26.05	13.88	1.70
d15	1.00	2.05	6.67
d19	2.72	13.84	21.40
d21	19.41	19.41	19.41

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-28.51
2	7	23.49
3	16	-31.34
4	20	75.20

NUMERISCHES BEISPIEL 9

[0076] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Ober- flächennr.	r	d	nd	vd
1	60.703	1.30	1.95375	32.3
2	10.568	5.26		
3*	-158.794	2.00	1.53110	55.9
4*	35.904	0.68		
5	69.552	2.59	1.85478	24.8
6	-37.356	0.90		
7	-41.573	1.00	1.43875	94.7
8	-114.793	(Variabel)		
9	19.470	2.27	1.65160	58.5
10	-126.753	6.20		
11 (SP)	∞	0.80		
12	13.509	2.32	1.49700	81.5
13	-29.196	0.23		
14	-18.502	2.50	1.59551	39.2
15	10.390	1.45		
16	16.003	2.95	1.43875	94.7
17	-17.071	(Variabel)		
18*	-18.646	1.50	1.53110	55.9
19*	-46.212	(Variabel)		
20	-40.654	3.48	1.43875	94.7
21	-20.238	13.34		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

3-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.84708e - 04 \quad A_6 = 1.47430e - 06 \quad A_8 = -1.09499e - 08$$

4-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -2.31582e - 04 \quad A_6 = 1.38450e - 06 \quad A_8 = -1.10945e - 08$$

18-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 4.14762e - 04 \quad A_6 = -1.81540e - 06 \quad A_8 = -1.40506e - 09$$

19-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 4.21395e - 04 \quad A_6 = -2.16529e - 06 \quad A_8 = 8.23735e - 09$$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis	2.01			
		WEIT	MITTE	TELE
Brennweite		14.45	20.17	29.09
Fno		4.10	5.05	6.40

	WEIT	MITTE	TELE
Halber Blickwinkel (°)	43.39	34.10	25.15
Bildhöhe	11.46	12.41	13.18
Gesamtlinsenlänge	77.99	77.99	77.99
BF	13.34	13.34	13.34
d8	16.17	8.48	0.80
d17	0.80	1.51	7.58
d19	10.26	17.23	18.84
d21	13.34	13.34	13.34

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-18.40
2	9	20.41
3	18	-59.99
4	20	87.31

NUMERISCHES BEISPIEL 10

[0077] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
1	42.644	1.30	1.72916	54.7
2	17.764	8.77		
3	-70.406	1.20	1.53775	74.7
4	25.301	2.36		
5	25.884	4.26	1.62588	35.7
6	209.726	(Variabel)		
7	25.792	2.12	1.59522	67.7
8	539.599	5.57		
9 (SP)	∞	0.88		
10	59.108	1.00	1.69895	30.1
11	19.640	2.76	1.72916	54.7
12	-88.410	2.69		
13	-18.122	1.01	1.54072	47.2
14	71.719	2.69		
15*	23.626	4.90	1.43875	94.7
16*	-14.207	(Variabel)		
17	24.461	1.00	1.51633	64.1
18	15.091	9.99		
19*	-51.360	2.00	1.53110	55.9
20*	199.736	(Variabel)		
21	-991.849	2.03	2.05090	26.9

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
22	-167.475	12.67		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

15-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -2.76672e - 05 \quad A_6 = -3.81028e - 08 \quad A_8 = 1.77147e - 09$$

16-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 8.66431e - 05 \quad A_6 = -1.50654e - 07 \quad A_8 = 3.16848e - 09$$

19-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -2.50400e - 05 \quad A_6 = -1.73349e - 07 \quad A_8 = -1.30647e - 09$$

20-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -4.36025e - 05 \quad A_6 = -1.02183e - 07 \quad A_8 = -4.60803e - 10$$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis	1.88			
		WEIT	MITTE	TELE
Brennweite		20.92	28.94	39.31
Fno		4.10	4.10	4.10
Halber Blickwinkel(°)		45.96	36.78	28.82
Bildhöhe		18.00	19.62	20.76
Gesamtlinsenlänge		91.22	91.22	91.22
BF		12.67	12.67	12.67
d6		17.87	9.33	0.80
d16		2.47	0.80	1.28
d20		1.69	11.90	19.95
d22		12.67	12.67	12.67

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-33.47
2	7	23.91
3	17	-36.80
4	21	191.50

NUMERISCHES BEISPIEL 11

[0078] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächen nr.	r	d	nd	vd
1	620.156	1.00	1.80610	40.9
2	13.951	3.20		
3*	31.386	1.77	1.53110	55.9
4*	16.340	2.55		
5	-2188.375	1.00	1.43875	94.7
6	22.775	3.74	1.90043	37.4
7	-107.410	1.34		
8	-53.431	1.00	1.43875	94.7
9	-351.116	(Variabel)		
10	18.205	2.17	1.69680	55.5
11	-182.560	2.82		
12 (SP)	∞	0.80		
13	11.712	2.38	1.43875	94.7
14	-80.486	0.31		
15	-25.729	2.00	1.60342	38.0
16	10.136	1.04		
17	20.451	2.17	1.43875	94.7
18	-17.817	(Variabel)		
19*	-40.343	1.50	1.53110	55.9
20*	106.642	(Variabel)		
21	-547.596	5.61	1.49700	81.5
22	-21.883	(Variabel)		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

3-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.92346e - 04 \quad A_6 = 1.46585e - 06 \quad A_8 = -5.19278e - 09$$

4-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -2.49552e - 04 \quad A_6 = 1.56459e - 06 \quad A_8 = -7.02285e - 09$$

19-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 2.25885e - 04 \quad A_6 = -7.11818e - 07 \quad A_8 = -1.70513e - 08$$

20-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 2.83610e - 04 \quad A_6 = -1.54983e - 06 \quad A_8 = -2.79368e - 09$$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis 2.01

	WEIT	MITTE	TELE
Brennweite	14.44	20.17	29.09
Fno	4.10	5.07	6.40

	WEIT	MITTE	TELE
Halber Blickwinkel (°)	43.41	34.11	25.15
Bildhöhe	11.46	12.41	13.18
Gesamtlinsenlänge	74.83	74.83	74.83
BF	13.10	13.10	13.10
d 9	16.17	8.48	0.80
d18	2.41	3.08	8.46
d20	6.75	13.76	16.06
d22	13.10	13.10	13.10

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-22.35
2	10	20.11
3	19	-54.92
4	21	45.70

NUMERISCHES BEISPIEL E 12

[0079] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Ober- flächennr.	r	d	nd	vd
1	333.322	1.00	1.59145	68.4
2	14.457	2.17		
3*	16.664	1.75	1.53110	55.9
4*	13.429	3.12		
5	72.731	0.99	1.43830	95.0
6	15.506	1.36		
7	18.208	3.08	1.80652	46.7
8	82.353	2.05		
9	-59.712	1.00	1.43846	94.8
10	1265.032	(Variabel)		
11	16.222	1.79	1.69462	57.7
12	-120.338	0.80		
13 (SP)	∞	0.80		
14	8.920	1.59	1.51616	79.3
15	24.467	0.35		
16	-291.423	1.00	1.60753	37.9
17	7.730	2.37		
18	15.894	1.71	1.43787	95.3
19	-25.062	(Variabel)		

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
20*	-20.249	1.28	1.53110	55.9
21*	-67.405	(Variabel)		
22	1468.914	4.86	1.49667	81.9
23	-26.178	13.10		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

3-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.53281e - 04 \quad A_6 = 1.08426e - 06 \quad A_8 = -4.18904e - 09$$

4-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -2.14777e - 04 \quad A_6 = 1.34839e - 06 \quad A_8 = -7.81236e - 09$$

20-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 6.82662e - 04 \quad A_6 = -2.35509e - 06 \quad A_8 = -8.17593e - 08$$

21-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 7.14470e - 04 \quad A_6 = -3.68516e - 06 \quad A_8 = -2.76365e - 08$$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis	2.02		
	WEIT	MITTE	TELE
Brennweite	14.43	20.17	29.10
Fno	4.10	5.00	6.16
Halber Blickwinkel (°)	43.42	34.11	25.14
Bildhöhe	11.46	12.41	13.18
Gesamtlinsenlänge	70.63	70.63	70.63
BF	13.10	13.10	13.10
d10	16.17	8.49	0.80
d19	1.57	0.80	3.54
d21	6.72	15.18	20.12
d23	13.10	13.10	13.10

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-24.90
2	11	18.46
3	20	-55.02
4	22	51.84

NUMERISCHES BEISPIEL 13

[0080] EINHEIT: mm

OBERFLÄCHENDATEN

Oberflächennr.	r	d	nd	vd
1	206.545	1.30	1.72916	54.7
2	11.330	4.19		
3*	62.888	1.81	1.53110	55.9
4*	20.219	0.80		
5	24.916	2.72	1.90043	37.4
6	-390.408	2.23		
7	-25.898	1.02	1.43875	94.7
8	-47.695	(Variabel)		
9	18.212	1.40	1.69680	55.5
10	63.288	2.25		
11 (SP)	∞	0.80		
12	11.731	2.68	1.53775	74.7
13	-13.536	0.17		
14	-12.668	1.50	1.57099	50.8
15	6.966	0.63		
16	8.050	3.16	1.43875	94.7
17	-26.152	(Variabel)		
18*	-12.552	1.50	1.53110	55.9
19*	-21.575	(Variabel)		
20	-28.270	2.55	1.49700	81.5
21	-19.416	16.10		
IP	∞			

ASPHÄRISCHE DATEN

3-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.14002e - 04 \quad A_6 = 1.79201e - 06 \quad A_8 = -9.57523e - 09$$

4-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = -1.76654e - 04 \quad A_6 = 1.89620e - 06 \quad A_8 = -1.42839e - 08$$

18-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 9.49757e - 04 \quad A_6 = 5.59399e - 06 \quad A_8 = -2.76077e - 07$$

19-te Oberfläche

$$K = 0.00000e + 00 \quad A_4 = 8.99649e - 04 \quad A_6 = 3.06165e - 06 \quad A_8 = -1.04329e - 07$$

Verschiedene Daten

Zoom-Verhältnis 2.02

	WEIT	MITTE	TELE
Brennweite	14.42	20.24	29.10
Fno	4.10	5.06	6.28
Halber Blickwinkel (°)	43.44	34.01	25.15
Bildhöhe	11.46	12.41	13.18
Gesamtlinsenlänge	69.58	69.58	69.58
BF	16.10	16.10	16.10
d8	16.17	8.48	0.80
d17	2.79	0.79	2.42
d19	3.84	13.52	19.58
d21	16.10	16.10	16.10

ZOOMLINSENEINHEITSDATEN

Einheitsnr.	beginnende Oberfläche	Brennweite
1	1	-23.46
2	9	18.06
3	18	-59.97
4	20	113.86

[0081] TABELLEN 1 und 2 fassen verschiedene Werte in jedem Beispiel zusammen.

TABELLE 1

		Ex 1	Ex 2	Ex 3	Ex 4	Ex 5	Ex 6	Ex 7
	fw	12.42	12.40	12.40	14.40	14.40	14.47	20.60
	ft	29.07	29.10	29.10	29.10	29.10	28.47	39.00
	f1	-17.76	-18.26	-19.53	-21.90	-18.40	-22.02	-30.37
	f2	17.38	17.57	17.94	19.73	18.55	18.72	24.27
	f3	-24.70	-27.60	-29.69	-83.23	-28.78	-72.35	-41.20
	f4	39.13	45.60	45.67	61.17	46.95	57.69	96.76
	LD1	16.60	12.91	13.77	15.65	11.18	12.69	19.79
	TTL	82.97	83.44	82.02	75.06	78.52	72.82	95.51
	BFw	12.29	12.13	12.79	11.78	11.50	13.08	12.68
	fn1	-29.16	-28.64	-31.94	-17.50	-13.66	-17.13	-36.75
	fn2	-28.63	-26.83	-26.23	-79.99	-80.00	-80.00	-32.74
	fp 1	41.85	52.58	51.42	35.25	43.89	46.37	41.83
(1)	(-f1) / f2	1.02	1.04	1.09	1.11	0.99	1.18	1.25
(2)	(-f1) / f4	0.45	0.40	0.43	0.36	0.39	0.38	0.31
(3)	LD1 JTTL	0.20	0.15	0.17	0.21	0.14	0.17	0.21
(4)	BFw / (-f1)	0.69	0.66	0.65	0.54	0.62	0.59	0.42
(5)	BFw / TTL	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15	0.18	0.13
(6)	TTL / (-f1)	4.67	4.57	4.20	3.43	4.27	3.31	3.14
(7)	TTL / fw	6.68	6.73	6.61	5.21	5.45	5.03	4.64

		Ex 1	Ex 2	Ex 3	Ex 4	Ex 5	Ex 6	Ex 7
(8)	$f_2 / (-f_3)$	0.70	0.64	0.60	0.24	0.64	0.26	0.59
(9)	f_2 / f_4	0.44	0.39	0.39	0.32	0.40	0.32	0.25
(10)	$(-f_3) / f_4$	0.63	0.61	0.65	1.36	0.61	1.25	0.43
(11)	$(-f_1) / f_w$	1.43	1.47	1.57	1.52	1.28	1.52	1.47
(12)	$(-f_1) / f_t$	0.61	0.63	0.67	0.75	0.63	0.77	0.78
(13)	β_{2t} / β_{2w}	1.90	1.88	1.87	1.84	1.71	1.76	1.52
(14)	β_{3t} / β_{3w}	1.23	1.25	1.25	1.10	1.18	1.12	1.24
(15)	f_{n1} / f_1	1.64	1.57	1.64	0.80	0.74	0.78	1.21
(16)	f_{n2} / f_1	1.61	1.47	1.34	3.65	4.35	3.63	1.08
(17)	$f_{p1} / (-f_1)$	2.36	2.88	2.63	1.61	2.39	2.11	1.38

TABELLE 2

		Ex 8	Ex 9	Ex 10	Ex 11	Ex 12	Ex 13
	f_w	20.60	14.45	20.92	14.44	14.43	14.42
	f_t	48.50	29.09	39.31	29.09	29.10	29.10
	f_1	-28.51	-18.40	-33.47	-22.35	-24.90	-23.46
	f_2	23.49	20.41	23.91	20.11	18.46	18.06
	f_3	-31.34	-59.99	-36.80	-54.92	-55.02	-59.97
	f_4	75.20	87.31	191.50	45.70	51.84	113.86
	LD1	18.43	13.73	17.88	15.60	16.52	14.07
	TTL	106.52	77.99	91.22	74.83	70.63	69.58
	BFw	19.41	13.34	12.67	13.10	13.10	16.10
	f_{n1}	-46.60	-13.59	-42.70	-17.72	-25.58	-16.49
	f_{n2}	-41.93	-54.94	-34.46	-66.91	-160.29	-56.95
	f_{p1}	94.76	28.75	46.76	21.16	28.38	26.09
(1)	$(-f_1) / f_2$	1.21	0.90	1.40	1.11	1.35	1.30
(2)	$(-f_1) / f_4$	0.38	0.21	0.17	0.49	0.48	0.21
(3)	LD1 / TTL	0.17	0.18	0.20	0.21	0.23	0.20
(4)	BFw / $(-f_1)$	0.68	0.73	0.38	0.59	0.53	0.69
(5)	BFw / TTL	0.18	0.17	0.14	0.18	0.19	0.23
(6)	TTL / (f_1)	3.74	4.24	2.73	3.35	2.84	2.97
(7)	TTL / f_w	5.17	5.40	4.36	5.18	4.89	4.82
(8)	$f_2 / (-f_3)$	0.75	0.34	0.65	0.37	0.34	0.30
(9)	f_2 / f_4	0.31	0.23	0.12	0.44	0.36	0.16
(10)	$(-f_3) / f_4$	0.42	0.69	0.19	1.20	1.06	0.53
(11)	$(-f_1) / f_w$	1.38	1.27	1.60	1.55	1.73	1.63
(12)	$(-f_1) / f_t$	0.59	0.63	0.85	0.77	0.86	0.81
(13)	β_{2t} / β_{2w}	1.90	1.88	1.87	1.84	1.71	1.76
(14)	β_{3t} / β_{3w}	1.23	1.25	1.25	1.10	1.18	1.12
(15)	f_{n1} / f_1	1.63	0.74	1.28	0.79	1.03	0.70

		Ex 8	Ex 9	Ex 10	Ex 11	Ex 12	Ex 13
(16)	f_{n2} / f_1	1.47	2.99	1.03	2.99	6.44	2.43
(17)	$f_{p1} / (-f_1)$	3.32	1.56	1.40	0.95	1.14	1.11

BILDAUFNAHMEVORRICHTUNG

[0082] Bezugnehmend nun auf **Fig. 27** wird eine Beschreibung einer digitalen Fotokamera (Bildaufnahmeverrichtung) unter Verwendung einer Zoomlinse als ein optisches Abbildungssystem vorgenommen. Die Zoomlinse kann gemäß jedem der vorstehend diskutierten Beispiele konfiguriert sein. **Fig. 27** stellt eine Konfiguration der Bildaufnahmeverrichtung 10 dar. Die Bildaufnahmeverrichtung 10 umfasst einen Kamerakörper bzw. ein Kameragehäuse 13, eine Linsenvorrichtung 11 mit einer Zoomlinse gemäß irgendeinem von Beispielen 1 bis 13 und einen Bildsensor (Lichtempfangselement) 12, der dazu konfiguriert ist, ein Bild, das durch die Zoomlinse gebildet wird, fotoelektrisch umzuwandeln. Der Bildsensor 12 kann einen CCD-Sensor oder einen CMOS-Sensor verwenden. Die Linsenvorrichtung 11 und das Kameragehäuse 13 können miteinander integriert sein oder können abnehmbar konfiguriert sein. Das Kameragehäuse 13 kann eine sogenannte Spiegelreflexkamera mit einem Schnelldrehspiegel oder eine sogenannte spiegellose Kamera ohne Schnelldrehspiegel sein. Die Bildaufnahmeverrichtung 10 gemäß diesem Beispiel kann klein und leicht sein und eine hohe optische Leistungsfähigkeit aufweisen.

[0083] Die Bildaufnahmeverrichtung 10 gemäß diesem Beispiel ist nicht auf die digitale Fotokamera, die in **Fig. 27** dargestellt ist, beschränkt, sondern ist auf verschiedene Bildaufnahmeverrichtungen, wie etwa einer Rundfunkkamera, eine filmbasierte Kamera, eine Überwachungskamera und ähnliches anwendbar.

BILDAUFNAHMESYSTEM

[0084] Ein Bildaufnahmesystem (Überwachungskamerasystem) kann die Zoomlinse gemäß einem der vorstehenden Beispiele und eine Steuerungseinheit, die dazu konfiguriert ist, die Zoomlinse zu steuern, umfassen. In diesem Fall ist die Steuerungseinheit dazu konfiguriert, die Zoomlinse zu steuern, sodass sich jede Linseneinheit wie vorstehend beschrieben während des Zoomens, des Fokussierens und der Bildstabilisierung bewegt. Die Steuerungseinheit muss nicht mit der Zoomlinse integriert sein und kann von der Zoomlinse getrennt sein. Zum Beispiel kann eine Steuerungseinheit (Steuerungsvorrichtung), die von einer Antriebseinheit, die zum Antreiben jeder Linse in der Zoomlinse konfiguriert ist, getrennt angeordnet ist, eine Übertragungseinheit umfassen, die dazu konfiguriert ist, ein Steuerungssignal (Befehl) zum Steuern der Zoomlinse zu übertragen. Diese Steuerungseinheit kann die Zoomlinse fernsteuern.

[0085] Durch Bereitstellen einer Operationseinheit, wie etwa einer Steuerung und Tasten zum Fernbedienen der Zoomlinse, für die Steuerungseinheit, kann die Zoomlinse gemäß einer Eingabe eines Benutzers in die Operationseinheit gesteuert werden. Zum Beispiel kann die Operationseinheit eine Vergrößerungstaste und eine Verkleinerungstaste umfassen. Ein Signal kann von der Steuerungseinheit an die Antriebseinheit der Zoomlinse L0 gesendet werden, sodass, in einem Fall, in dem der Benutzer die Vergrößerungstaste drückt, sich die Vergrößerung der Zoomlinse erhöht, und in einem Fall, in dem der Benutzer die Verkleinerungstaste drückt, sich die Vergrößerung der Zoomlinse verringert.

[0086] Das Bildaufnahmesystem kann eine Anzeigeeinheit, wie etwa ein Flüssigkristallpaneel umfassen, das dazu konfiguriert ist, Informationen (einen Bewegungszustand) über den Zoom der Zoomlinse anzuzeigen. Die Informationen über den Zoom der Zoomlinse sind zum Beispiel die Zoomvergrößerung (der Zoomzustand) und ein Bewegungsbetrag (Bewegungszustand) von jeder Linseneinheit. In diesem Fall kann der Benutzer die Zoomlinse durch die Operationseinheit fernbedienen, während er Informationen über den Zoom der Zoomlinse, die auf der Anzeigeeinheit angezeigt werden, betrachtet. Die Anzeigeeinheit und die Operationseinheit könnten unter Anwendung eines berührungsempfindlichen Feldes oder ähnlichem integriert sein.

[0087] Die vierte Linseneinheit in der Zoomlinse gemäß einem der vorstehenden Beispiele könnte eine einzelne Linse mit positiver Festbrennweite umfassen.

[0088] Während die vorliegende Erfindung mit Bezug auf die vorstehenden beispielhaften Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist zu verstehen, dass die Offenbarung nicht nur auf die offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt ist.

[0089] Jedes Beispiel kann eine Weitwinkel-Zoomlinse mit negativer Brechkraft bereitstellen, die kompakt und leicht ist und trotzdem eine hohe optische Leistungsfähigkeit über den gesamten Zoombereich aufweist.

[0090] Eine Zoomlinse besteht aus einer Vielzahl von Linseneinheiten. Die Vielzahl von Linseneinheiten besteht, in der Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit (L1) mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit (L2) mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit (L3) mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit (L4) mit einer positiven Brechkraft. Ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten ändert sich während eines Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleende. Die erste Linseneinheit umfasst drei oder mehr Linsen. Die erste Linseneinheit ist relativ zu einer Bildebene während eines Zoomens fest. Eine vorbestimmte Ungleichung wird erfüllt.

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 2020101750 [0003, 0004, 0005]

Patentansprüche

1. Zoomlinse mit einer Vielzahl von Linseneinheiten, wobei die Vielzahl von Linseneinheiten, in der Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite, aus einer ersten Linseneinheit (L1) mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit (L2) mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linseneinheit (L3) mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit (L4) mit einer positiven Brechkraft besteht, wobei sich ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten während eines Zoomens von einem Weitwinkelende zu einem Teleende ändert,

dadurch gekennzeichnet, dass die erste Linseneinheit drei oder mehr Linsen umfasst, wobei die erste Linseneinheit relativ zu einer Bildebene während eines Zoomens fest ist, und wobei die folgenden Ungleichungen erfüllt sind:

$$0,85 < (-f1) / f2 < 2,00$$

$$0,00 < (-f1) / f4 < 0,55$$

$$0,00 < LD1 / TTL < 0,27$$

wobei $f1$ eine Brennweite der ersten Linseneinheit ist, $f2$ eine Brennweite der zweiten Linseneinheit ist, $f4$ eine Brennweite der vierten Linseneinheit ist, $LD1$ ein Abstand auf einer optischen Achse von einer Linsenoberfläche auf der Objektseite einer Linse, die einem Objekt in der ersten Linseneinheit am nächsten ist, zu einer Linsenoberfläche auf der Bildseite einer Linse, die der Bildebene in der ersten Linseneinheit am nächsten ist, ist, und TTL ein Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche auf der Objektseite der Linse, die dem Objekt in der Zoomlinse an dem Weitwinkelende am nächsten ist, zu der Bildebene ist.

2. Zoomlinse gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,30 < BFW / (-f1) < 1,50$$

wobei BFW ein Luftumwandlungsbetrag eines Abstands auf der optischen Achse von einer Linsenoberfläche auf der Bildseite der Linse, die der Bildebene in der Zoomlinse an dem Weitwinkelende am nächsten ist, zu der Bildebene ist.

3. Zoomlinse gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,07 < BFW / TTL < 0,30$$

wobei BFW ein Luftumwandlungsbetrag eines Abstands auf der optischen Achse von einer Linsenoberfläche auf der Bildseite der Linse, die der Bildebene in der Zoomlinse an dem Weitwinkelende am nächsten ist, zu der Bildebene ist.

4. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$2,0 < TTL / (-f1) < 6,0.$$

5. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$3,0 < TTL / fw < 7,5$$

wobei fw eine Brennweite der Zoomlinse an dem Weitwinkelende ist.

6. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,1 < f2 / (-f3) < 1,5$$

wobei f_3 eine Brennweite der dritten Linseneinheit ist.

7. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,05 < f_2 / f_4 < 0,80.$$

8. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,1 < (-f_3) / f_4 < 2,0$$

wobei f_3 eine Brennweite der dritten Linseneinheit ist.

9. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,5 < (-f_1) / f_w < 2,5$$

wobei f_w eine Brennweite der Zoomlinse an dem Weitwinkelende ist.

10. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,2 < (-f_1) / f_t < 1,4$$

wobei f_t eine Brennweite der Zoomlinse an dem Teleende ist.

11. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,5 < \beta_{2t} / \beta_{2w} < 3,0$$

wobei β_{2t} eine seitliche Vergrößerung der zweiten Linseneinheit an dem Teleende ist und β_{2w} eine seitliche Vergrößerung der zweiten Linseneinheit an dem Weitwinkelende ist.

12. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,5 < \beta_{3t} / \beta_{3w} < 2,0$$

wobei β_{3t} eine seitliche Vergrößerung der dritten Linseneinheit an dem Teleende ist und β_{3w} eine seitliche Vergrößerung der dritten Linseneinheit an dem Weitwinkelende ist.

13. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linseneinheit eine erste negative Linse umfasst und die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,5 < f_{n1} / f_1 < 2,0$$

wobei f_{n1} eine Brennweite der ersten negativen Linse ist.

14. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linseneinheit eine zweite negative Linse umfasst und die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,5 < f_{n2} / f_1 < 10,0$$

wobei f_{n2} eine Brennweite der zweiten negativen Linse ist.

15. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linseneinheit eine erste positive Linse umfasst und die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,5 < fp1/(-f1) < 5,0$$

wobei $fp1$ eine Brennweite der ersten positiven Linse ist.

16. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linseneinheit aus Linsen mit Brechkraften besteht.

17. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vierte Linseneinheit relativ zu der Bildebene während eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleende fest ist.

18. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Linseneinheit eine Öffnungsblende (SP) umfasst.

19. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vierte Linseneinheit aus einer einzelnen Linse mit positiver Festbrennweite besteht.

20. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linseneinheit, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer negativen Linse, einer negativen Linse und einer positiven Linse besteht.

21. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linseneinheit, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer negativen Linse, einer negativen Linse, einer positiven Linse und einer negativen Linse besteht.

22. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linseneinheit, in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, aus einer negativen Linse, einer negativen Linse, einer negativen Linse, einer positiven Linse und einer negativen Linse besteht.

23. Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Linseneinheit eine Fokuslinseneinheit ist, die sich während eines Fokussierens bewegt.

24. Zoomlinse gemäß Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Linseneinheit aus einer einzelnen Linse mit negativer Festbrennweite besteht.

25. Zoomlinse gemäß Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Linseneinheit aus zwei Linsen mit negativer Festbrennweite besteht.

26. Bildaufnahmeverrichtung, mit:
der Zoomlinse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 25; und
einem Bildsensor, der dazu konfiguriert ist, Licht, das durch die Zoomlinse gebildet wird, zu empfangen.

Es folgen 27 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

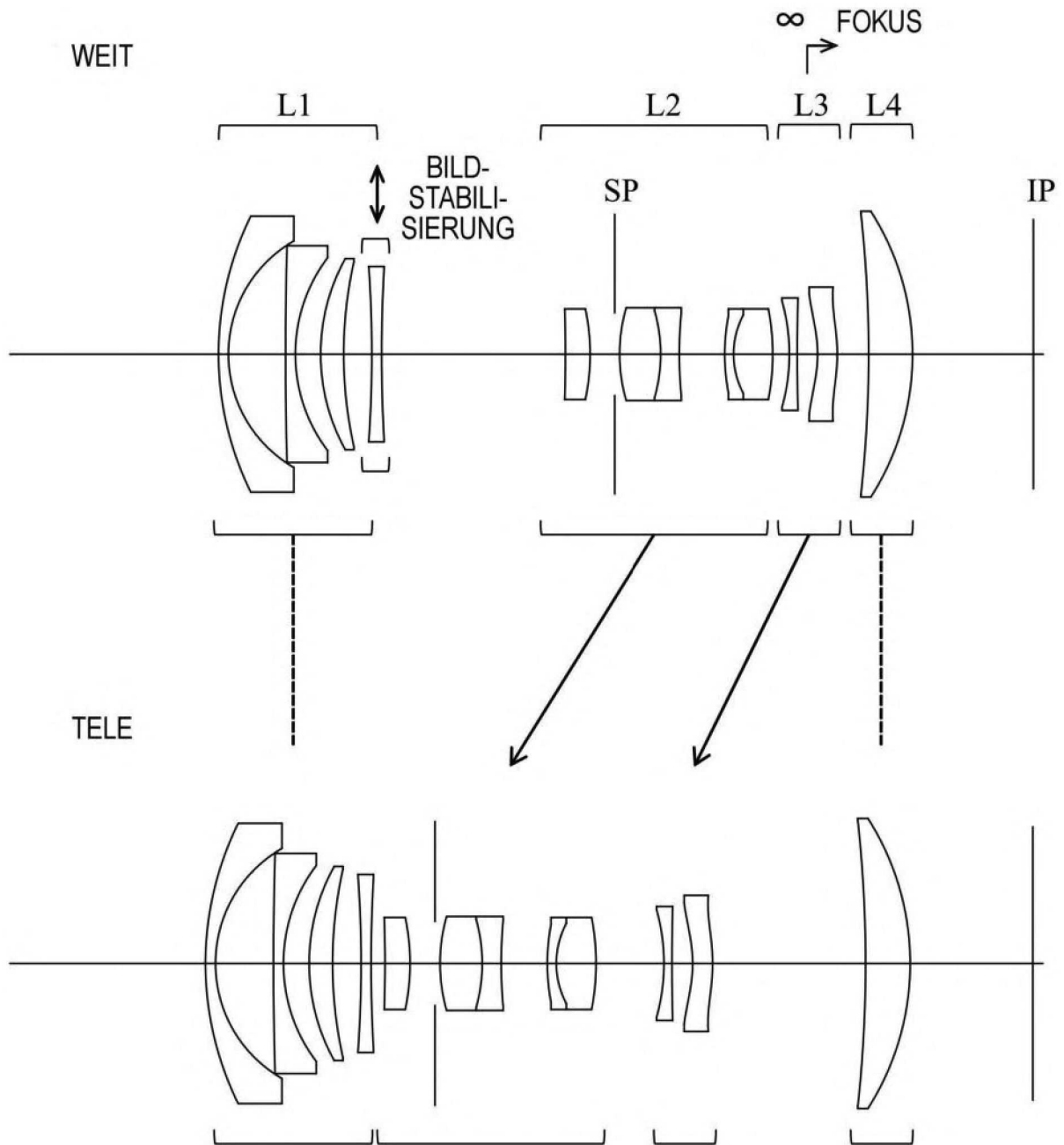


FIG. 1

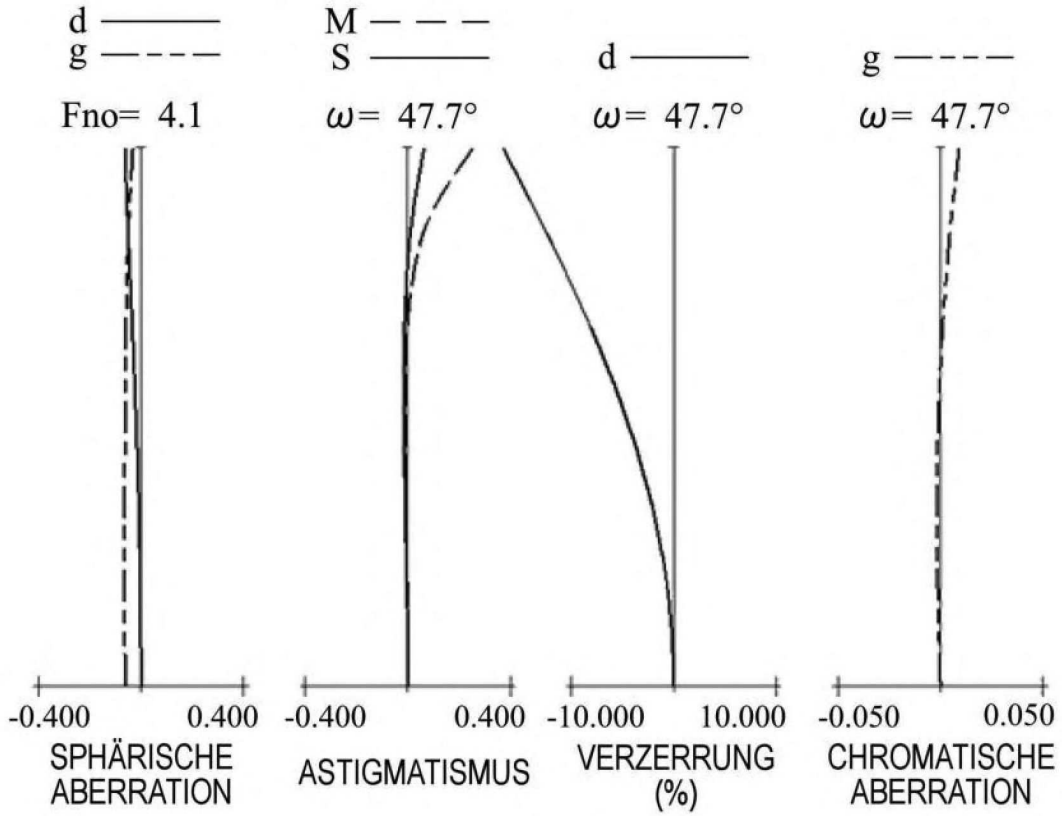


FIG. 2A

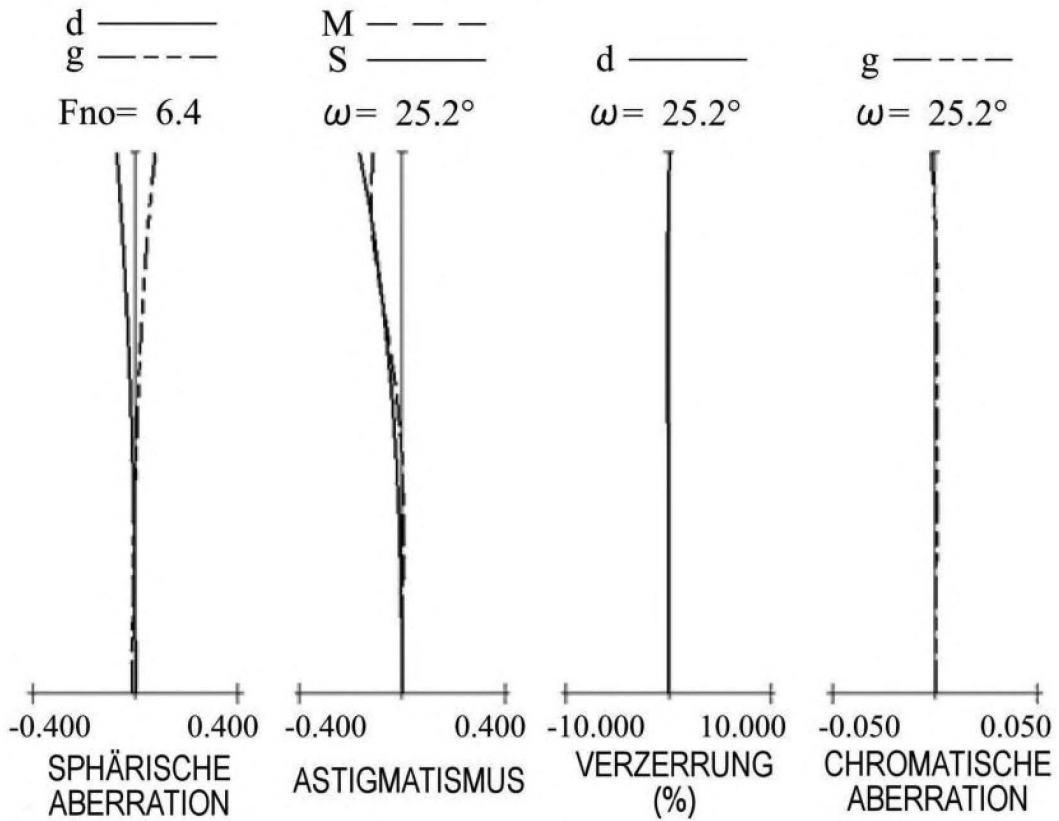


FIG. 2B

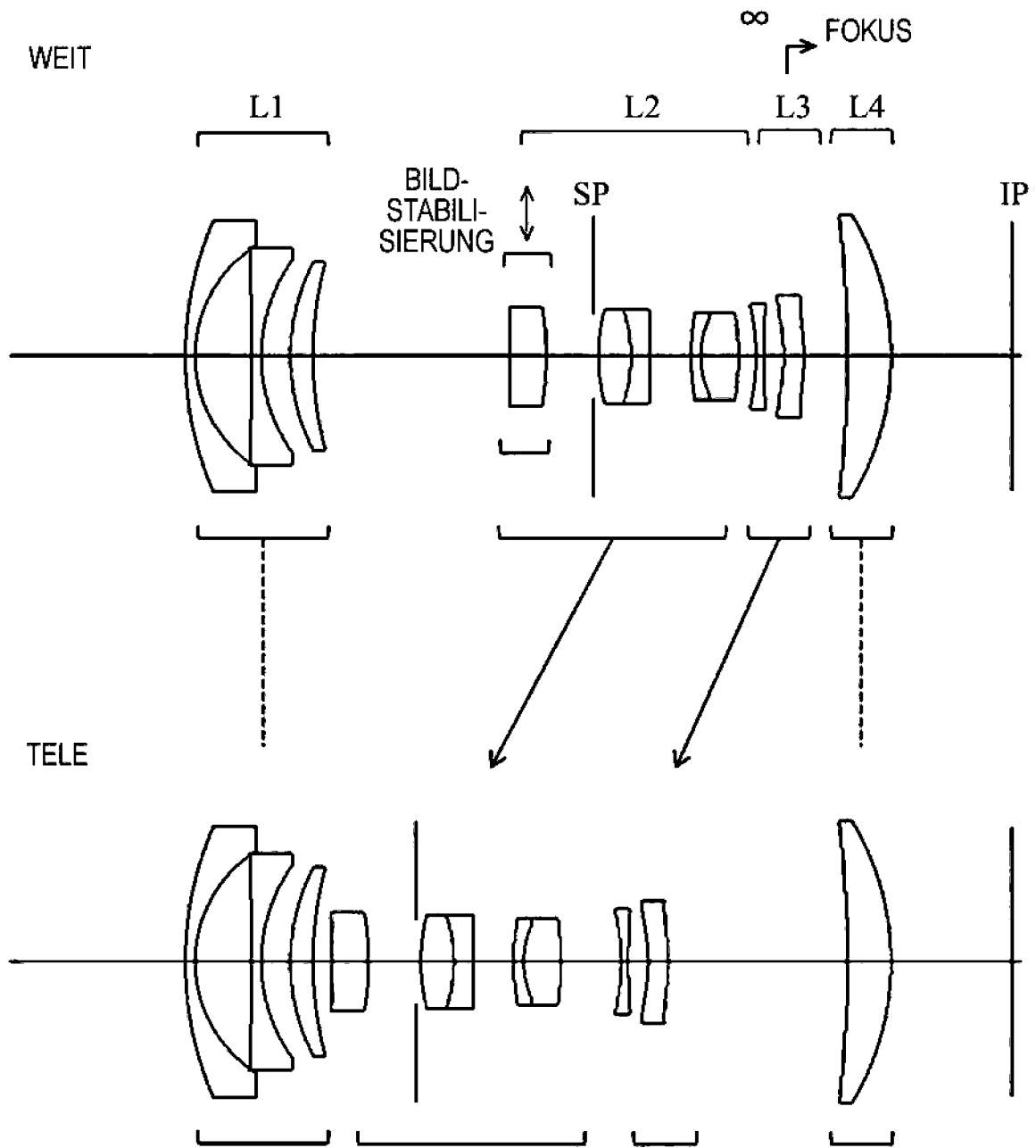


FIG. 3

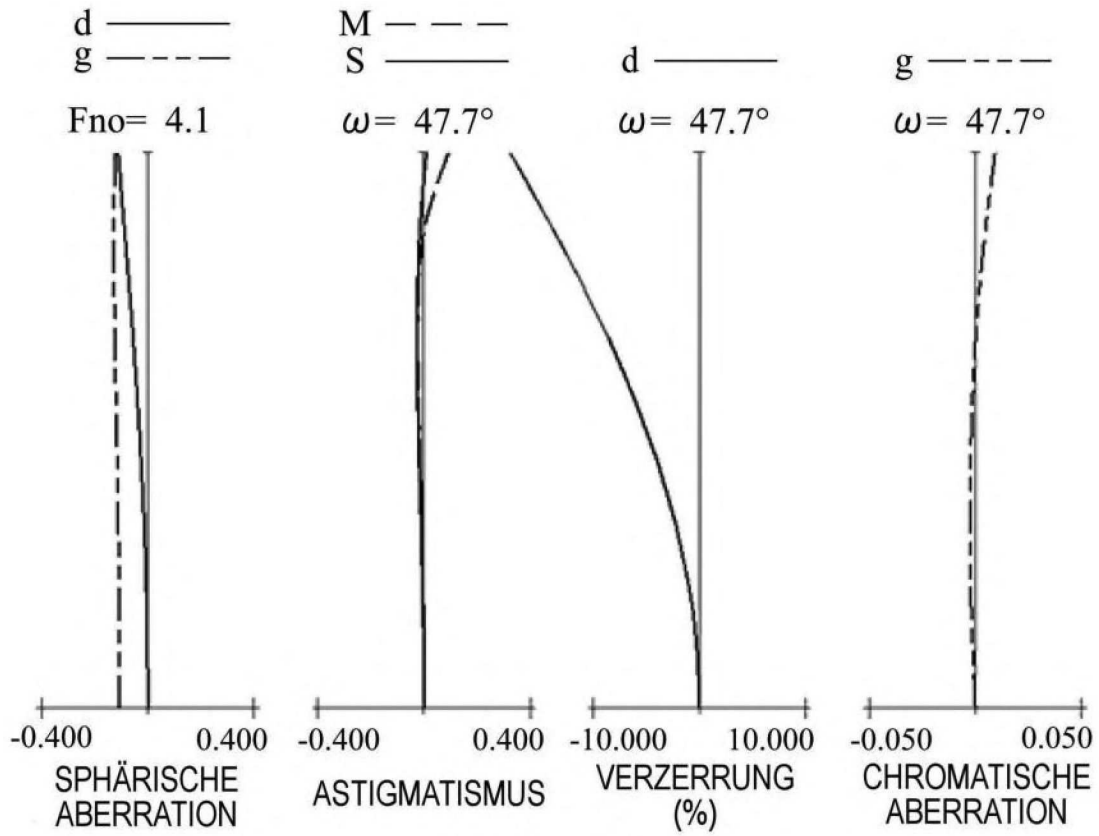


FIG. 4A

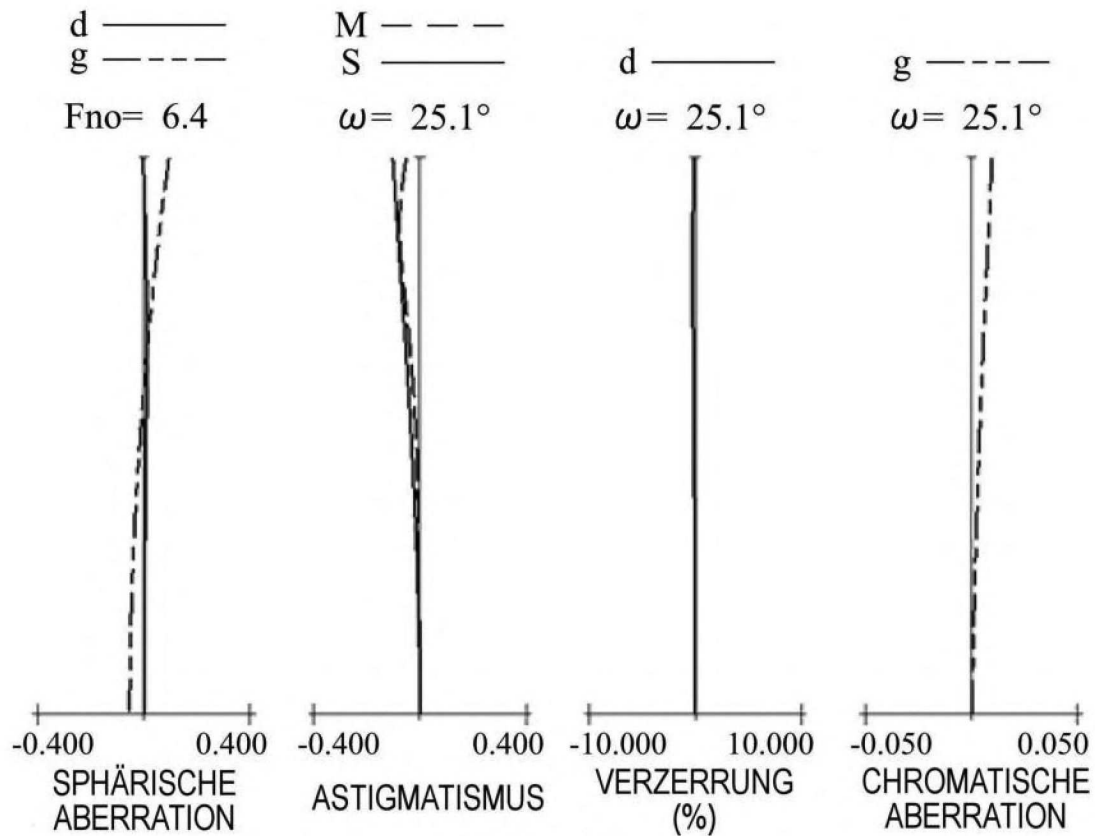


FIG. 4B

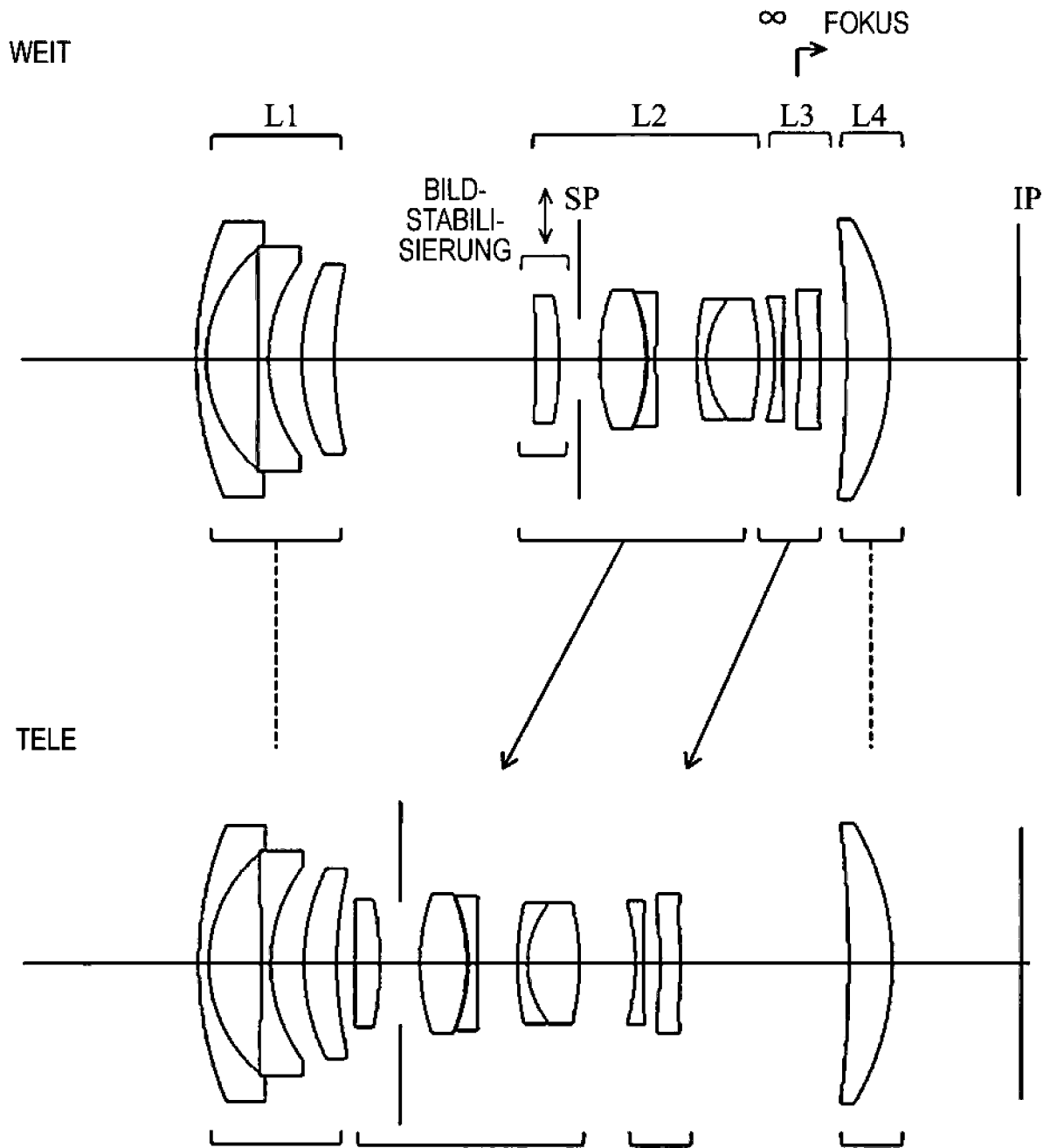


FIG. 5

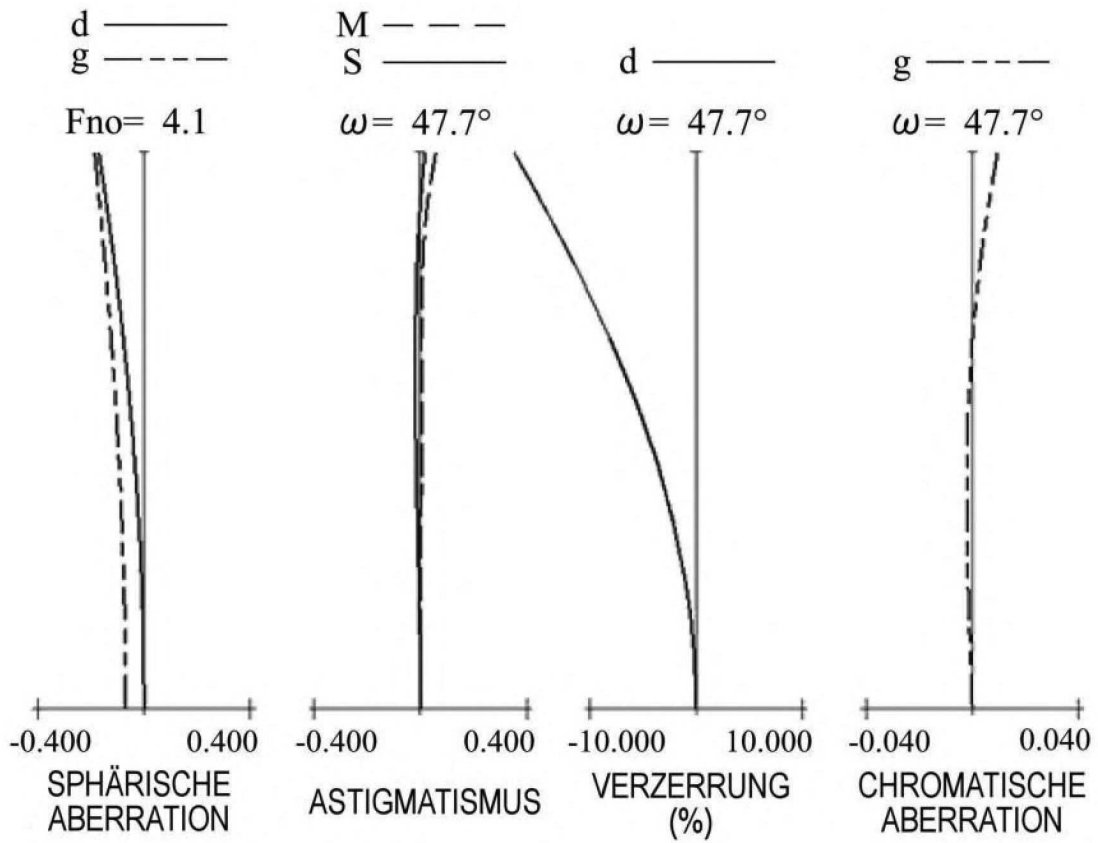


FIG. 6A

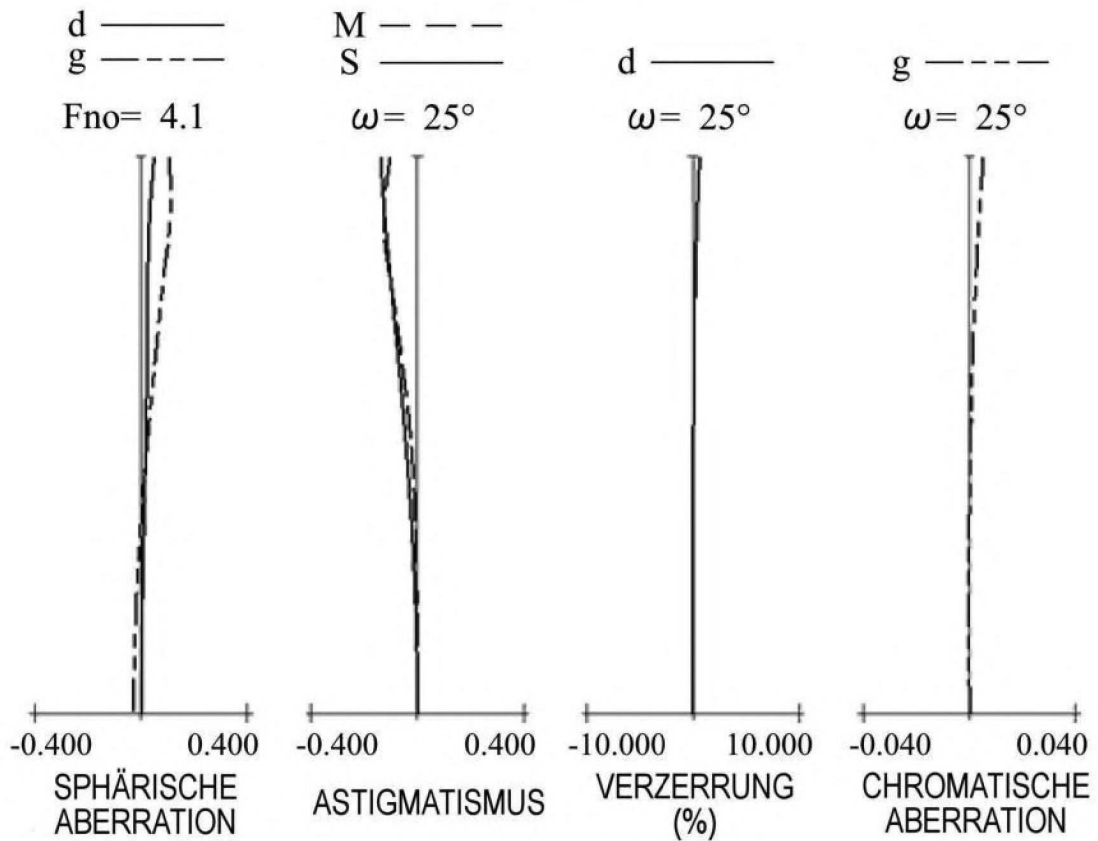


FIG. 6B

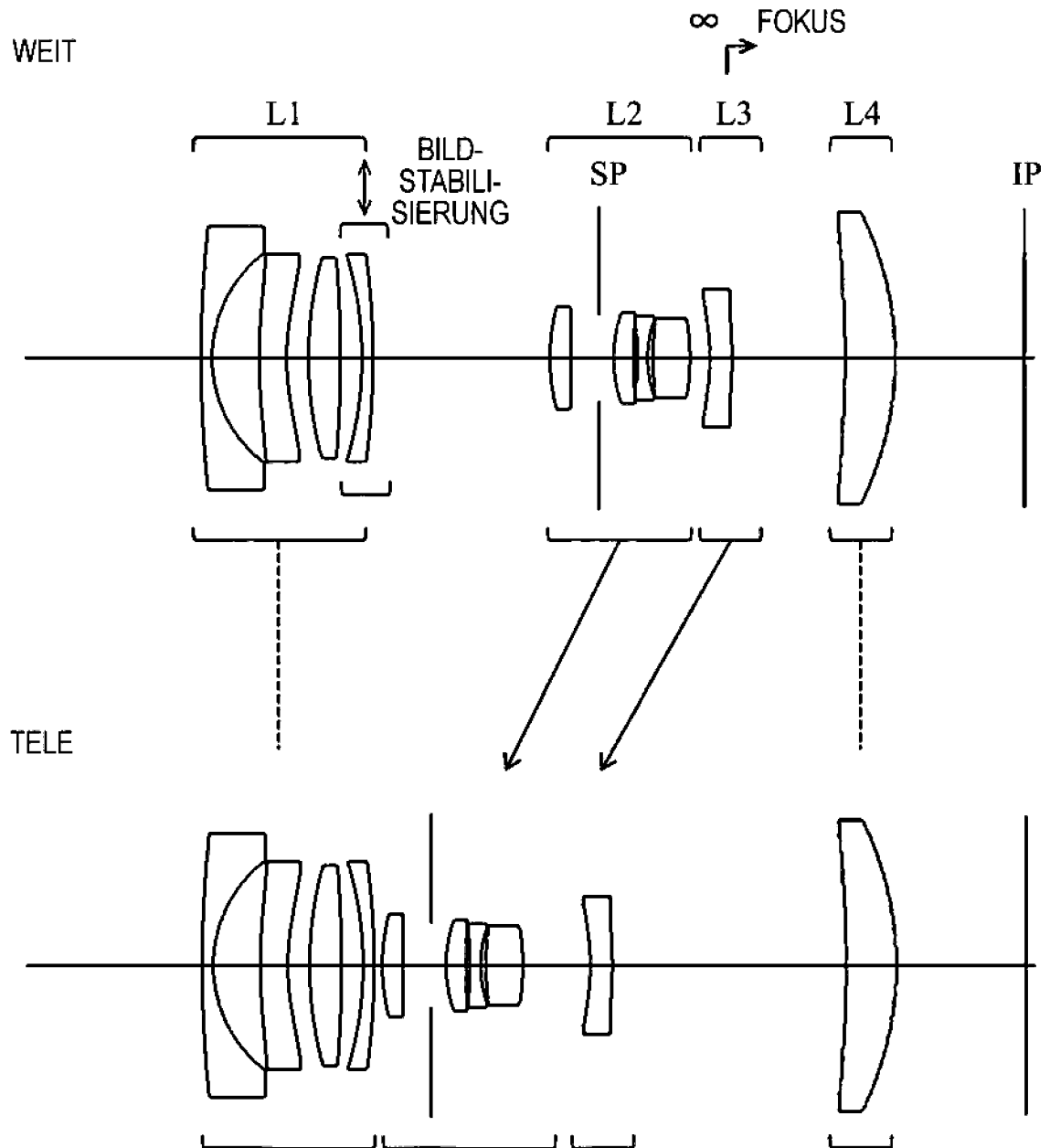


FIG. 7

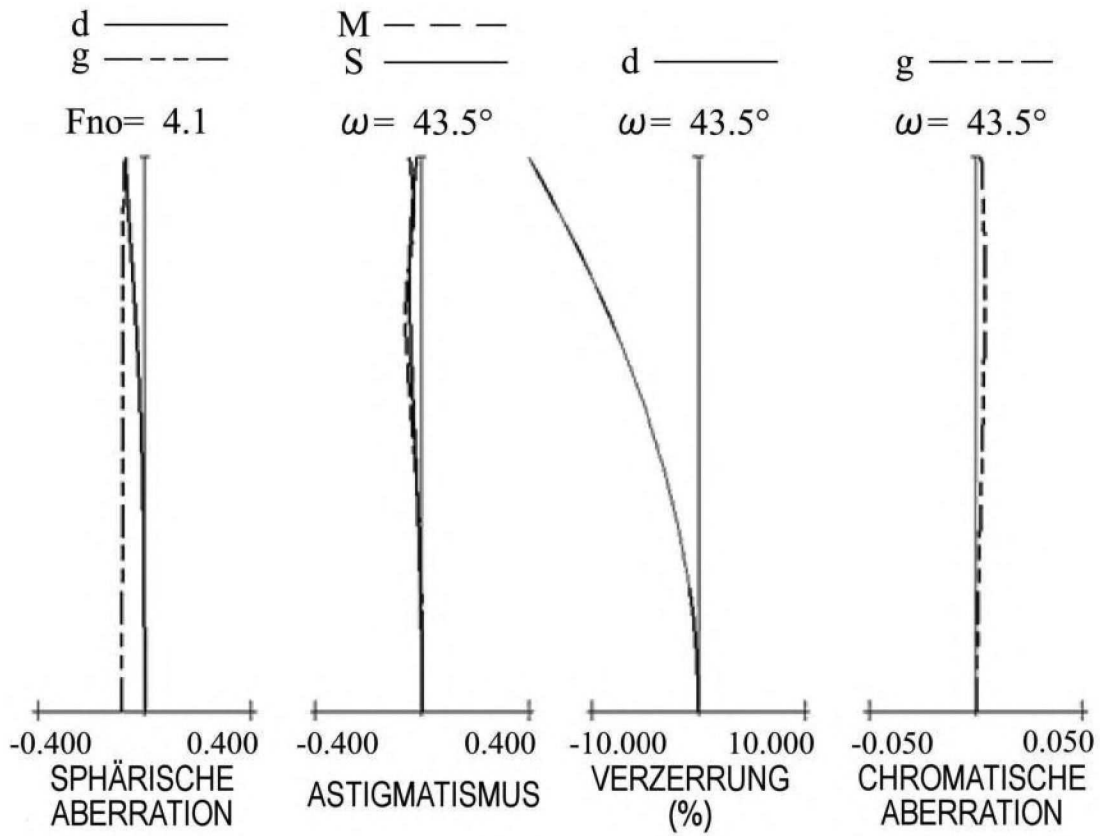


FIG. 8A

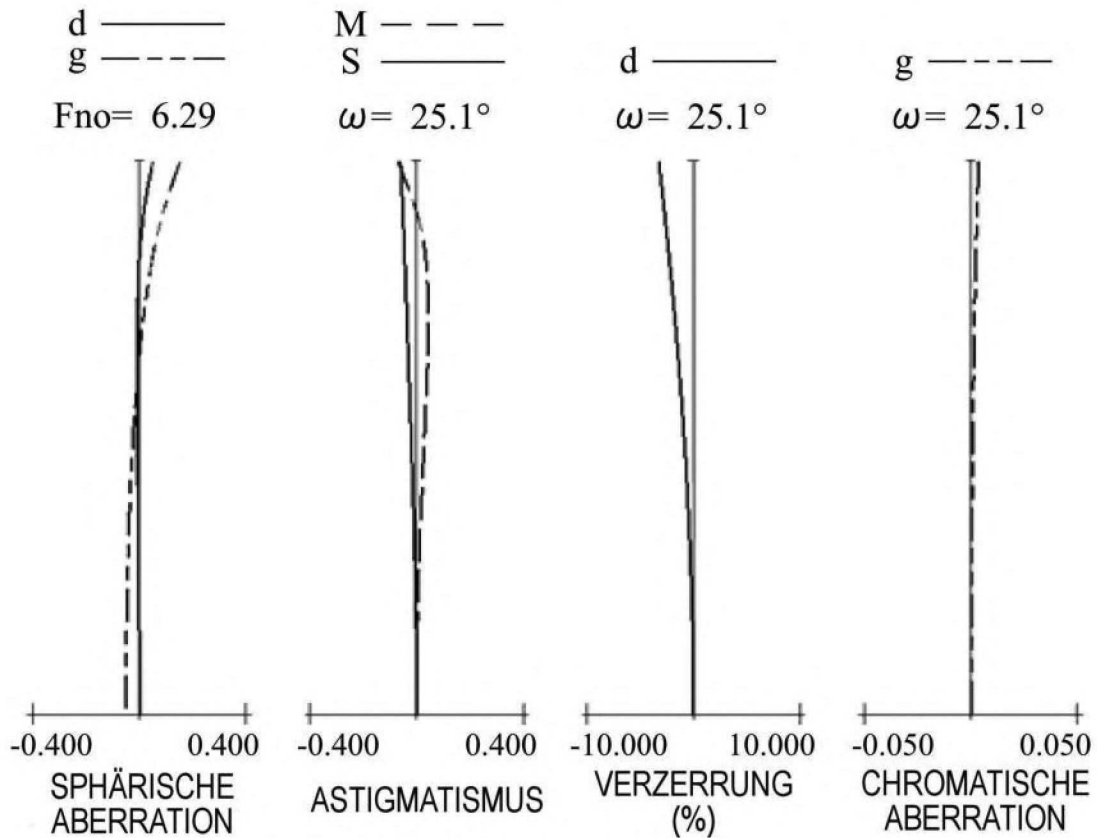


FIG. 8B

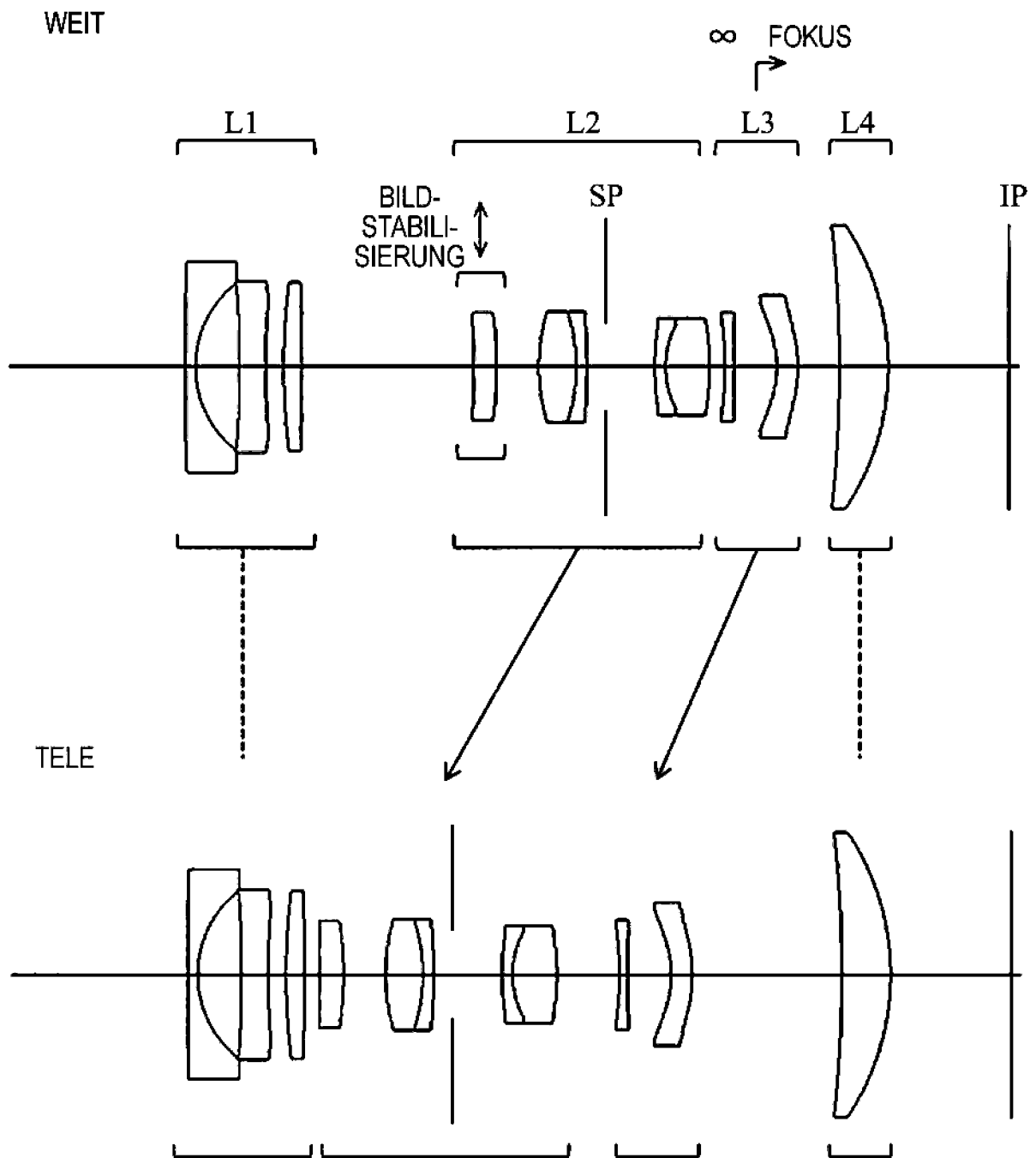


FIG. 9

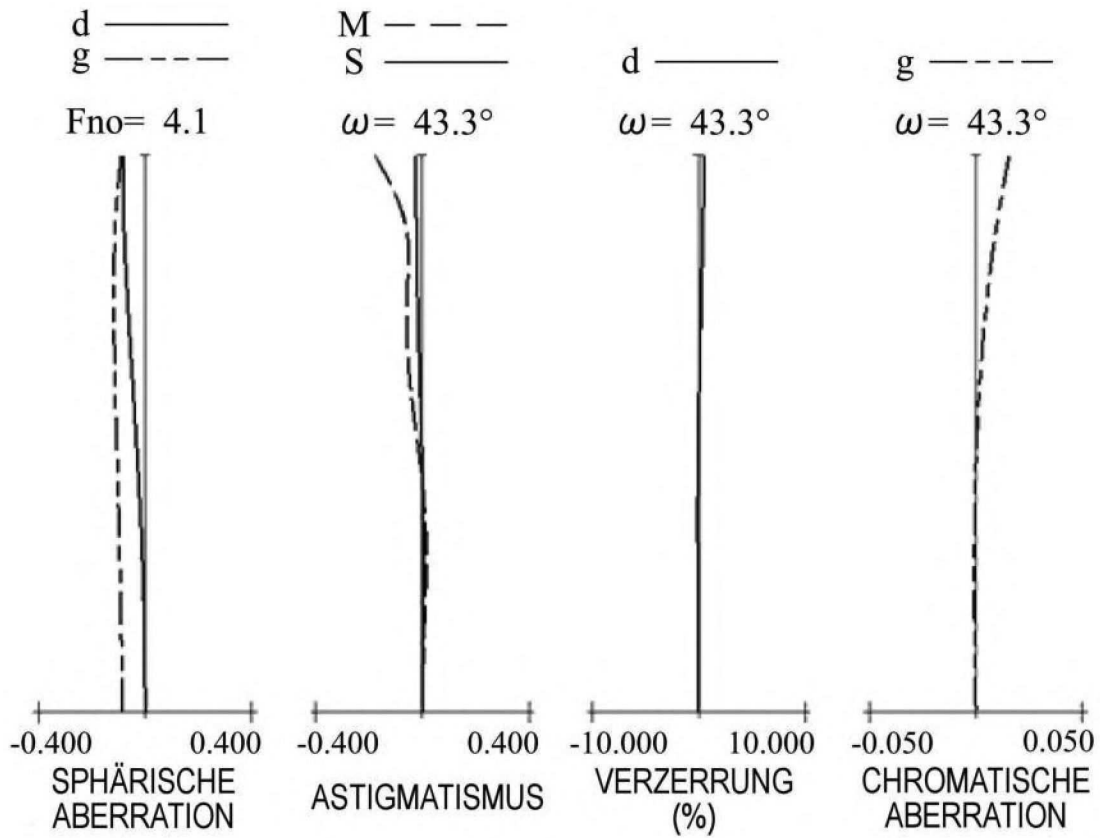


FIG. 10A

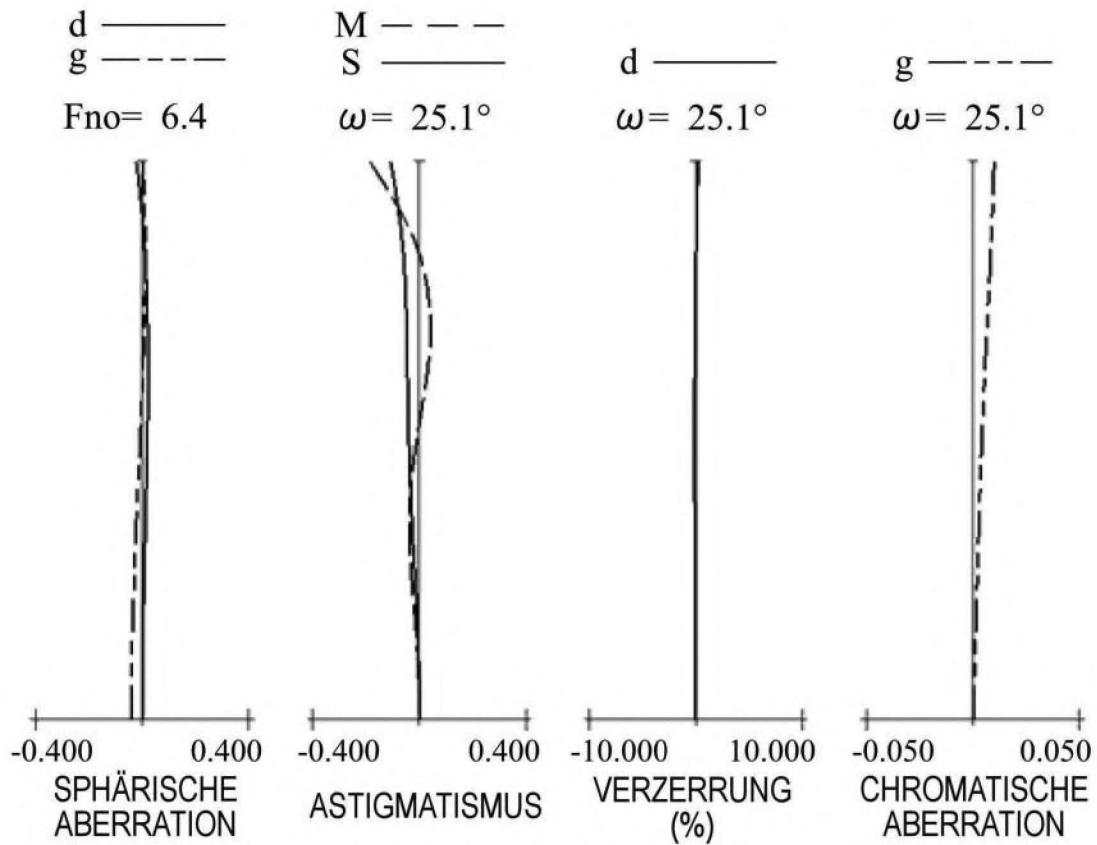


FIG. 10B

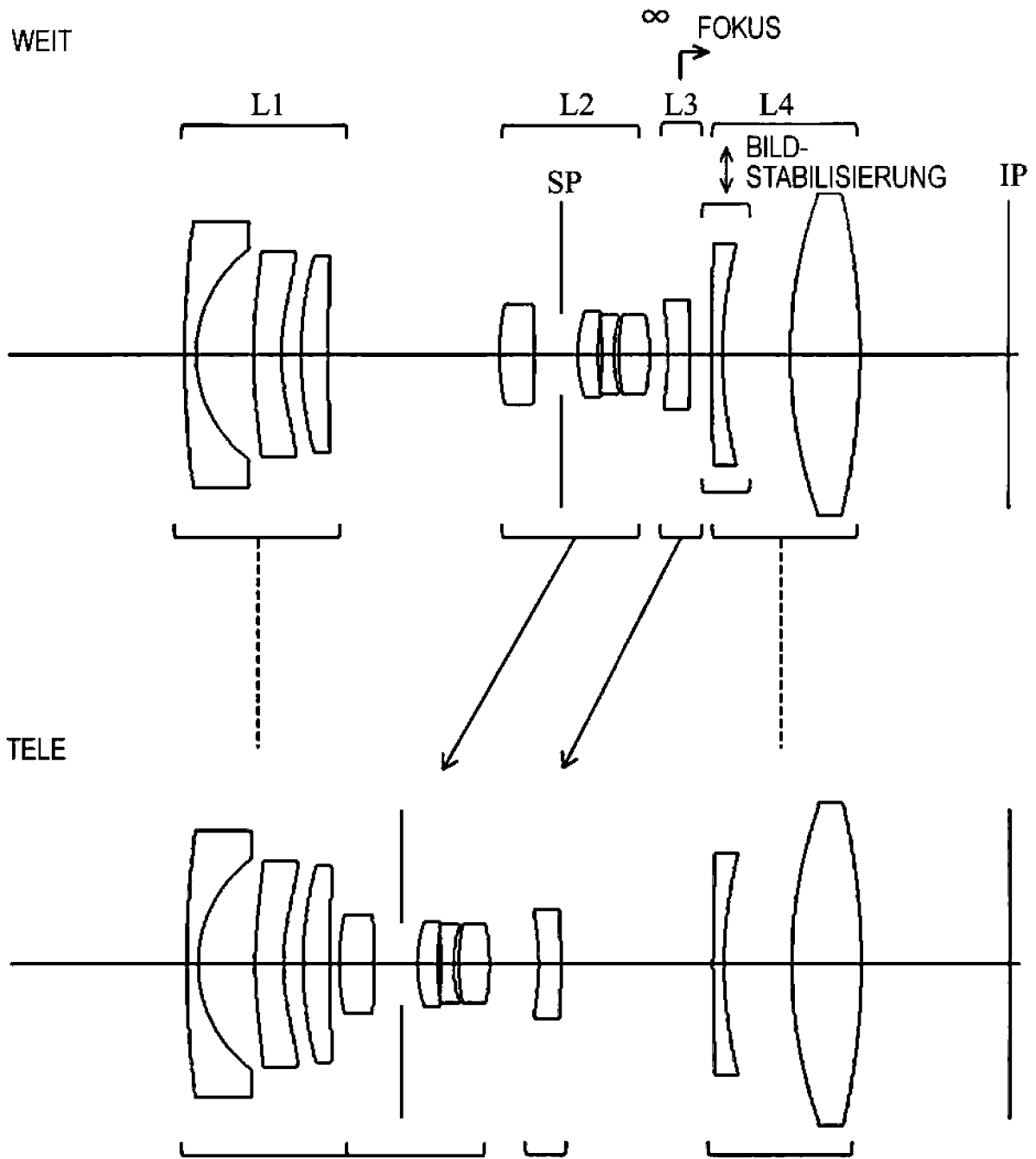


FIG. 11

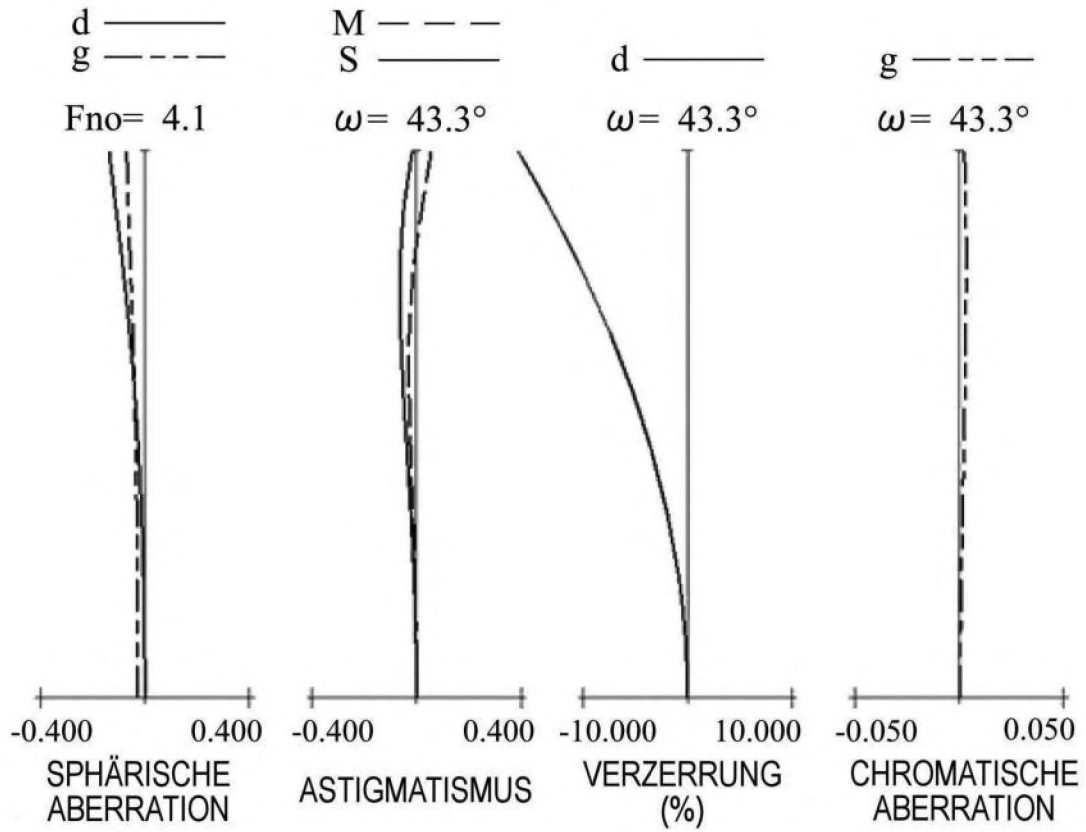


FIG. 12A

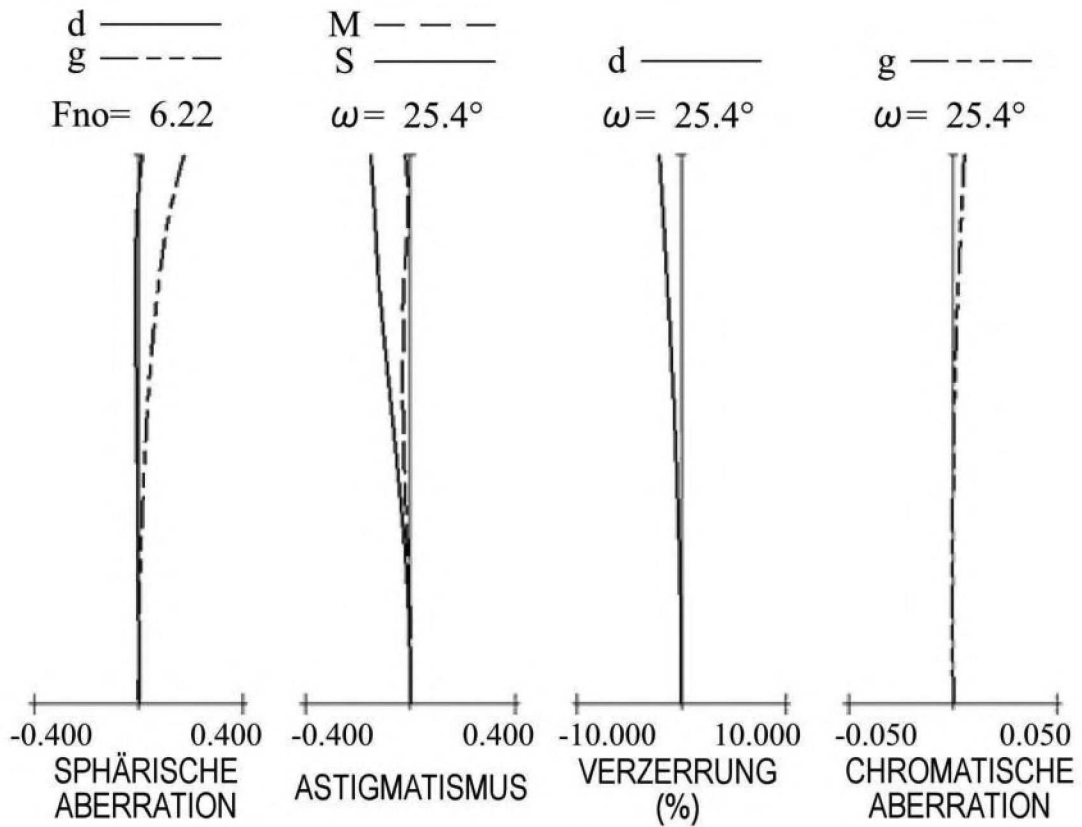


FIG. 12B

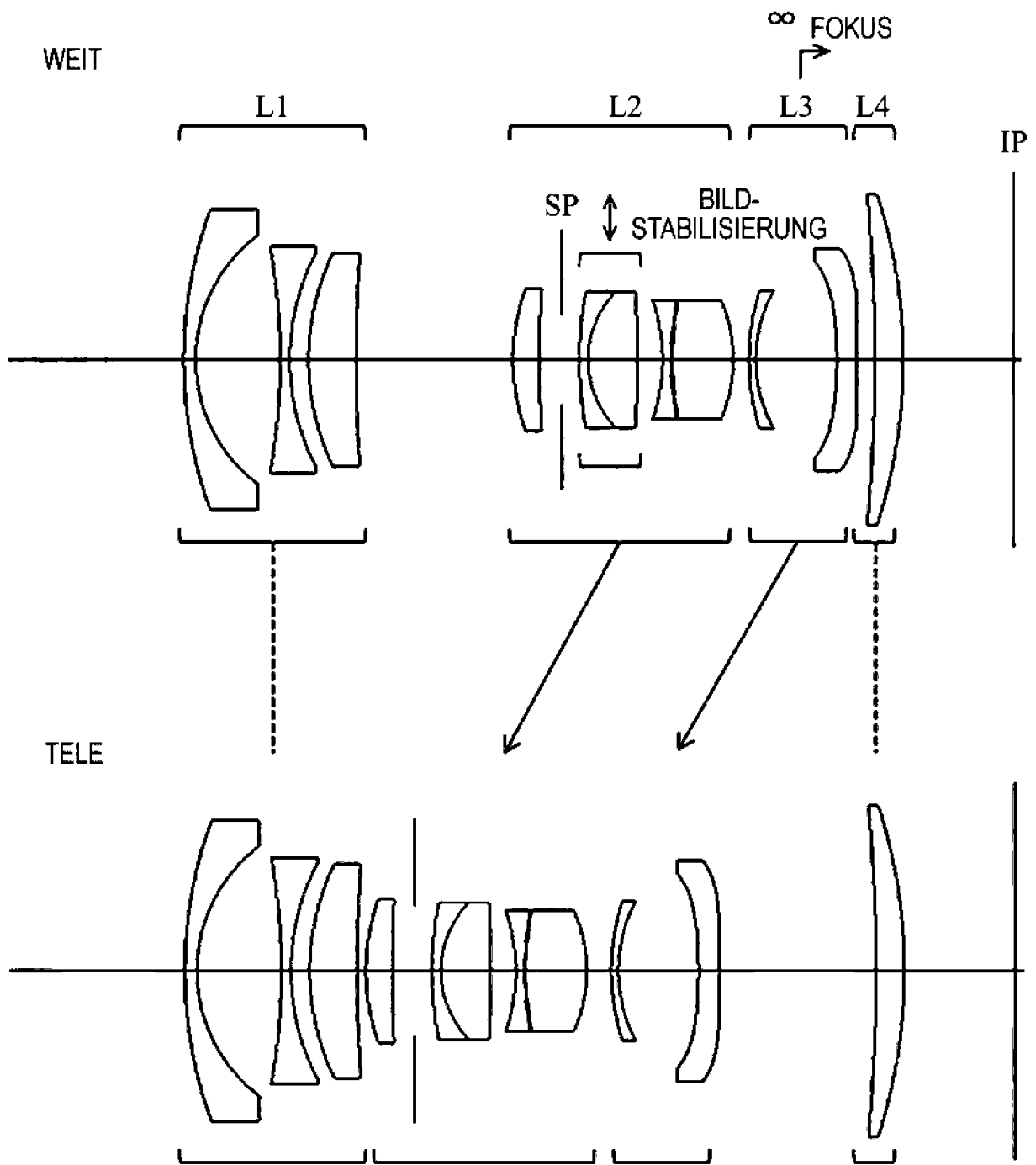


FIG. 13

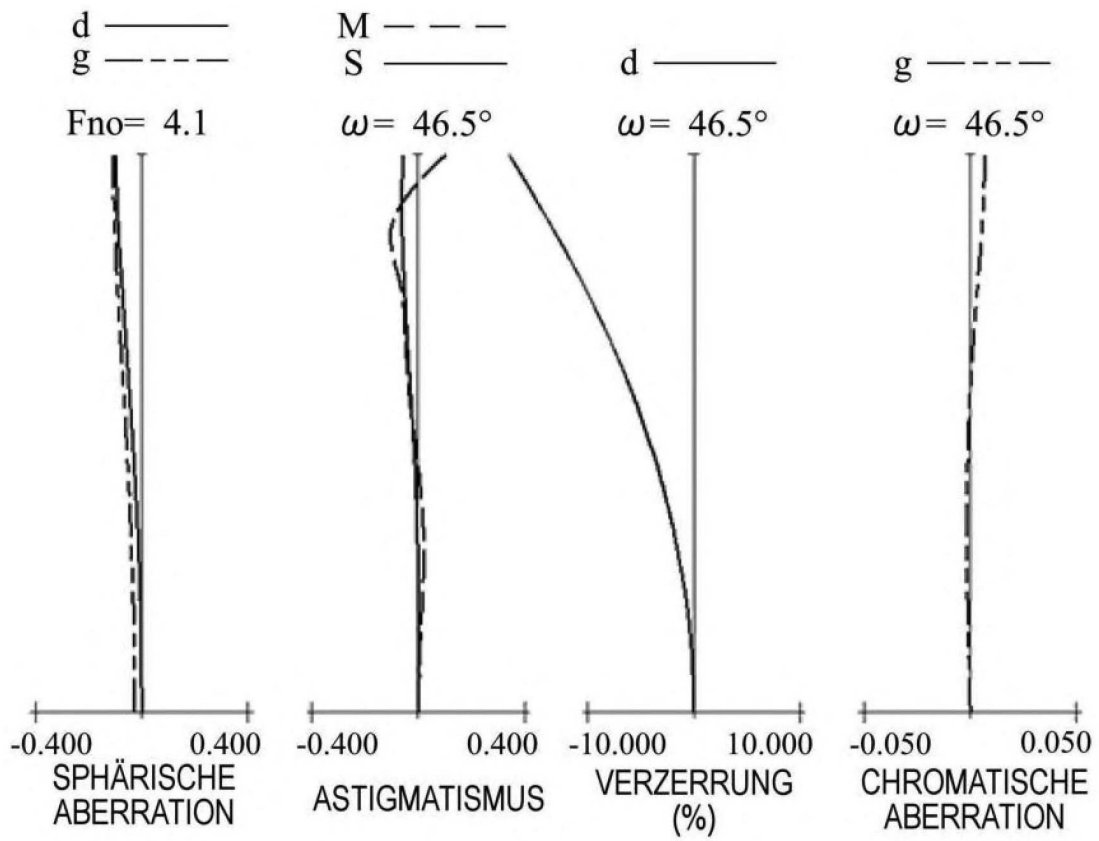


FIG. 14A

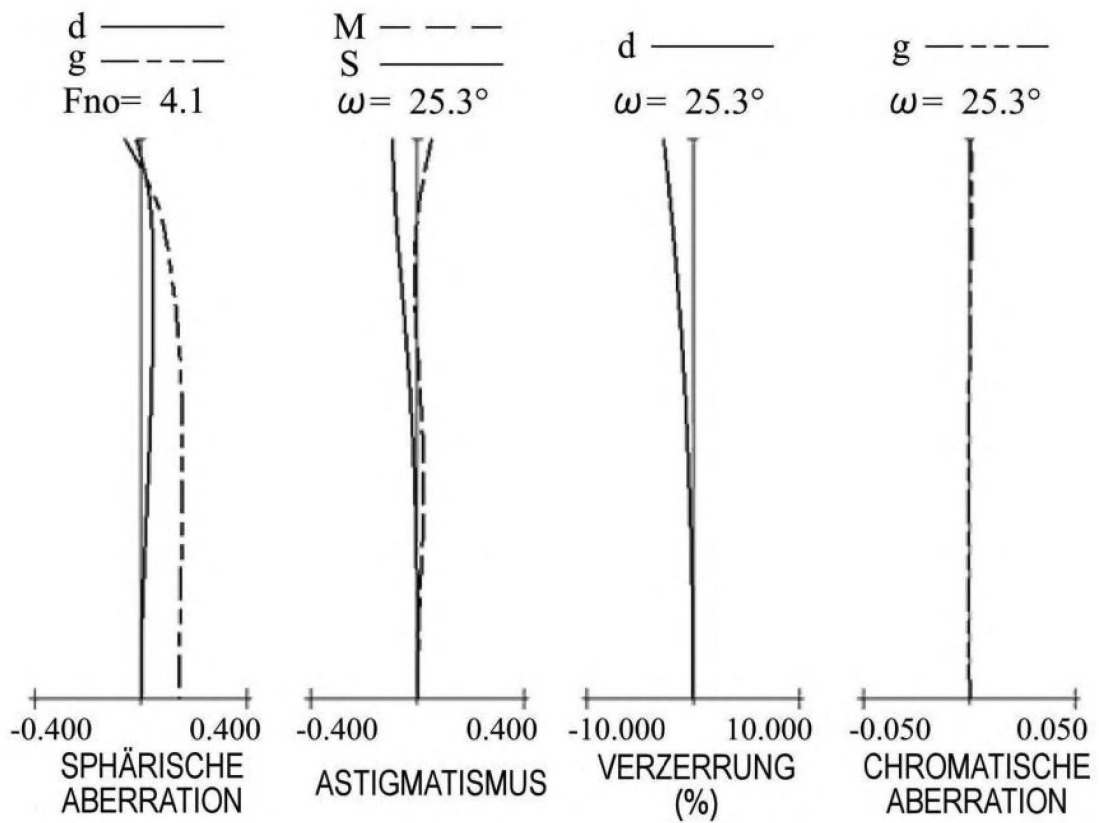


FIG. 14B

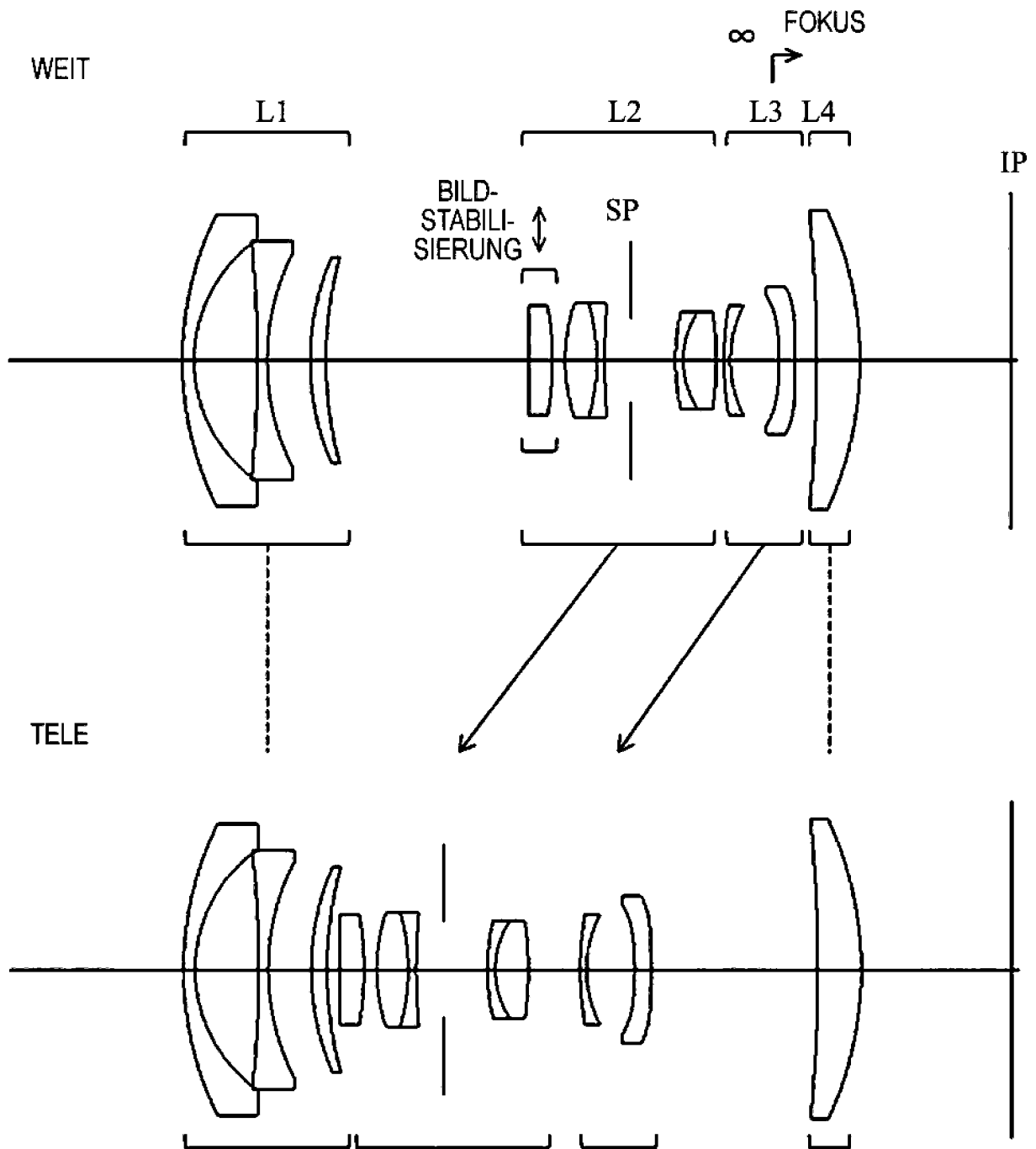


FIG. 15

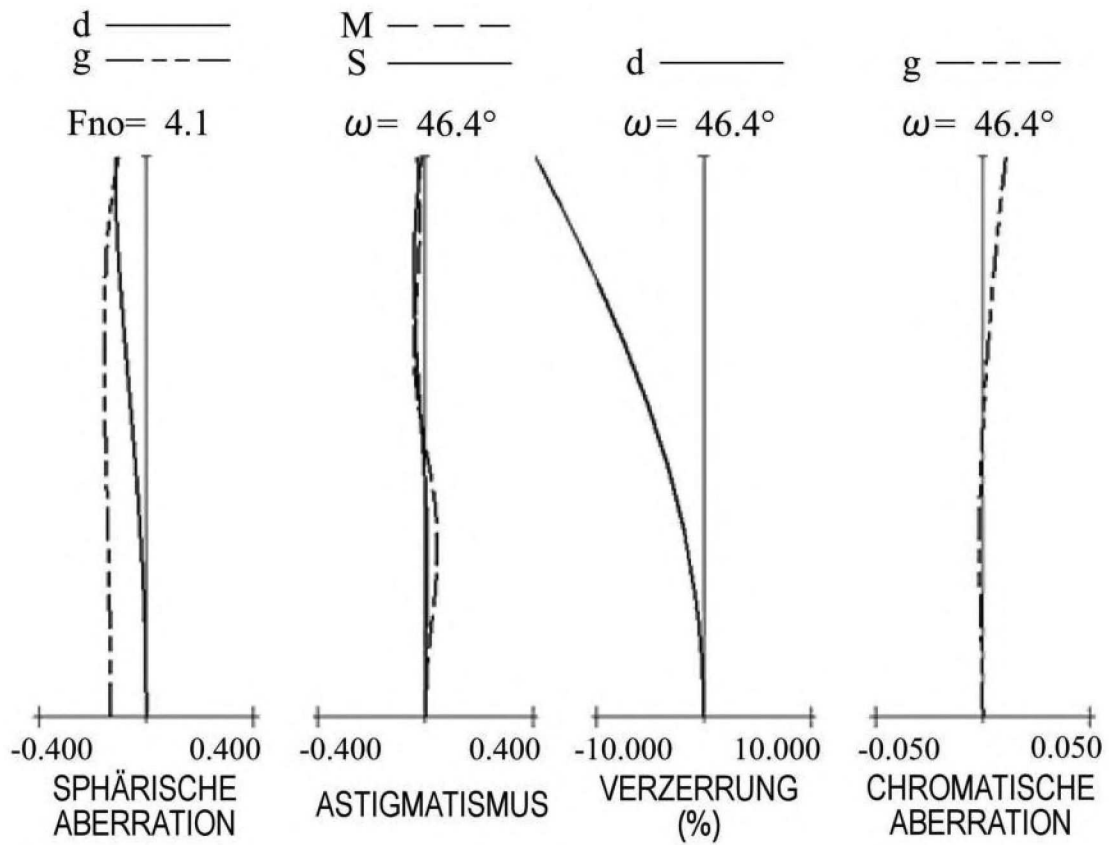


FIG. 16A

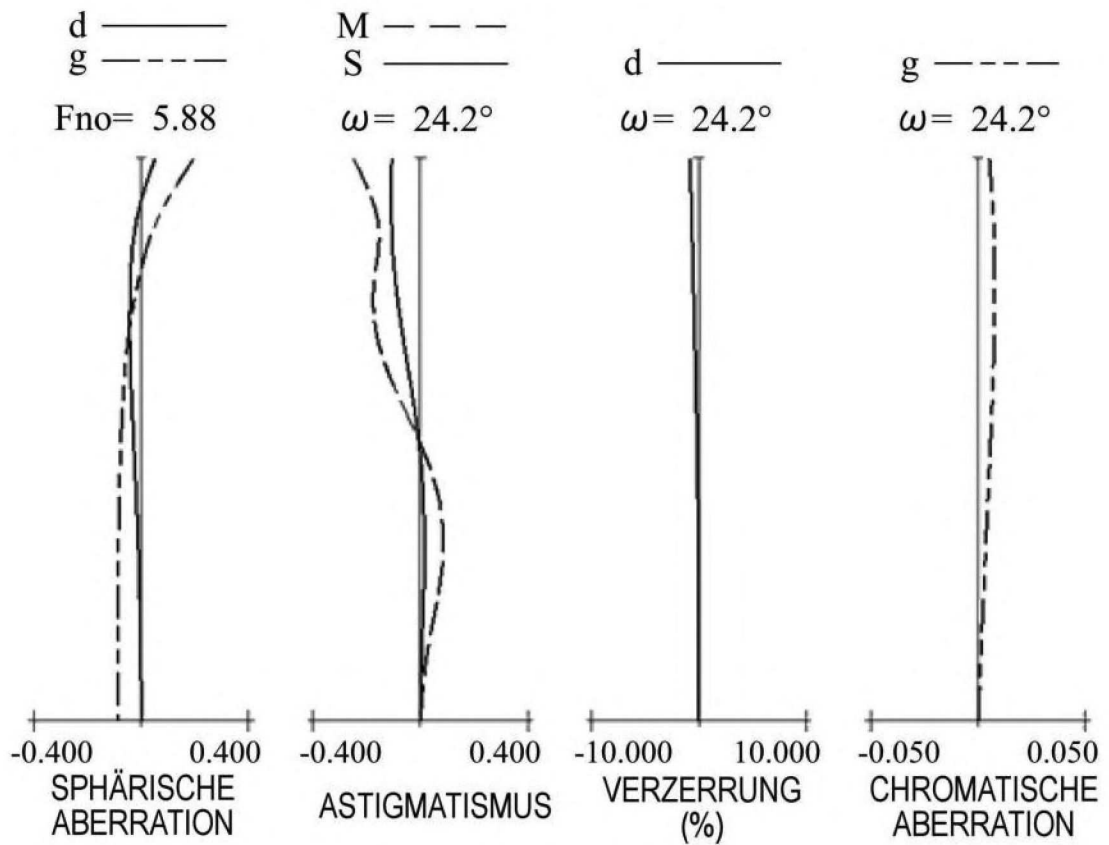


FIG. 16B

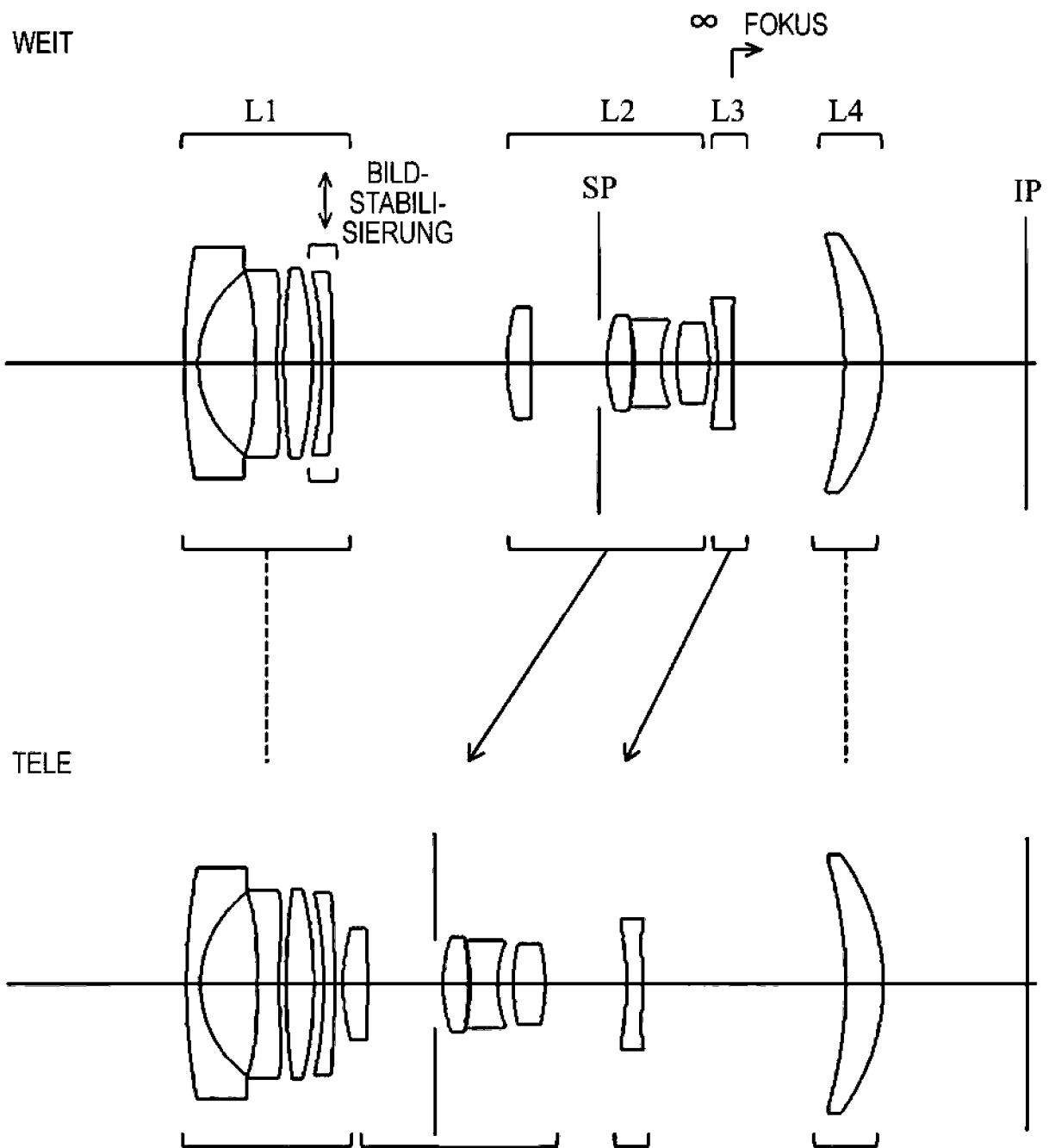


FIG. 17

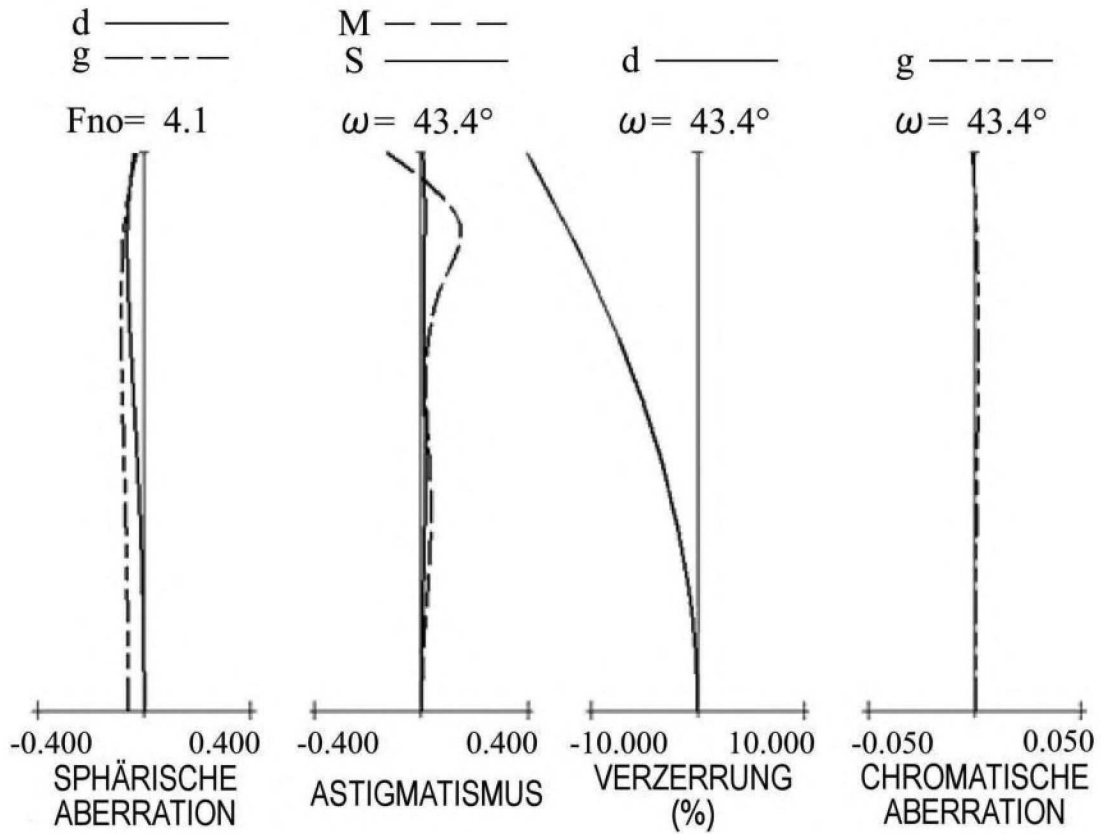


FIG. 18A

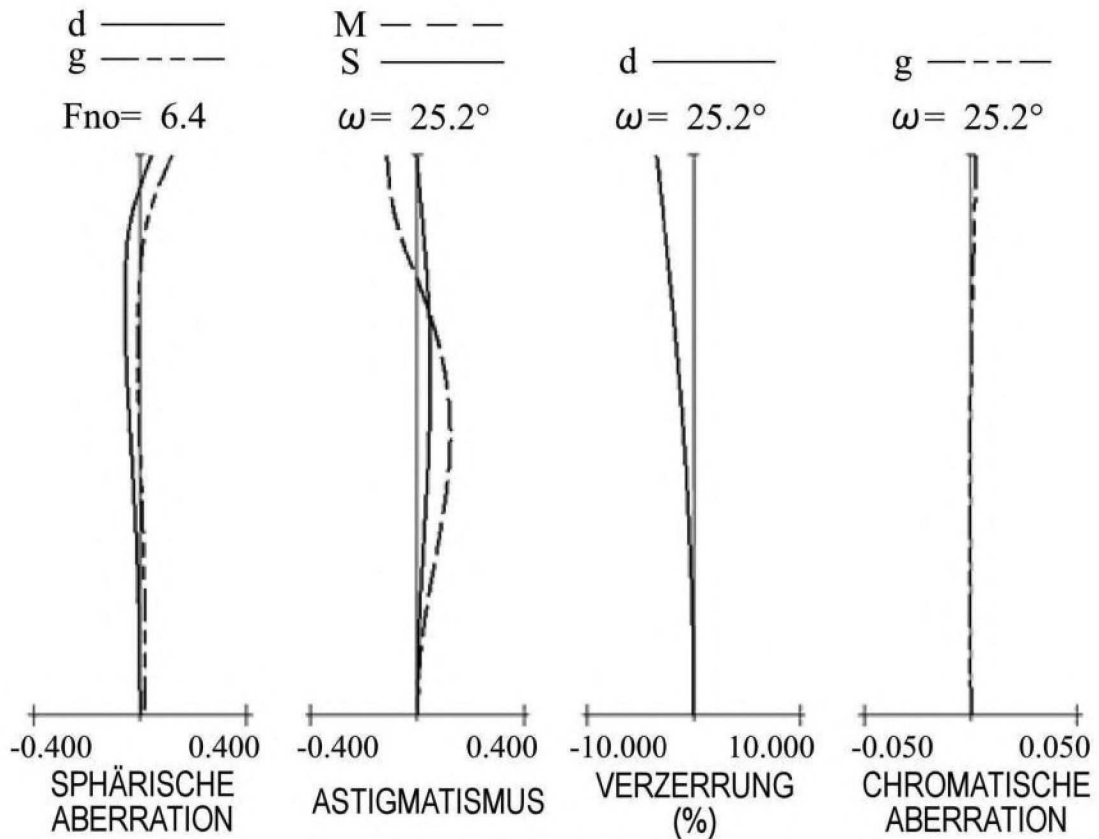


FIG. 18B

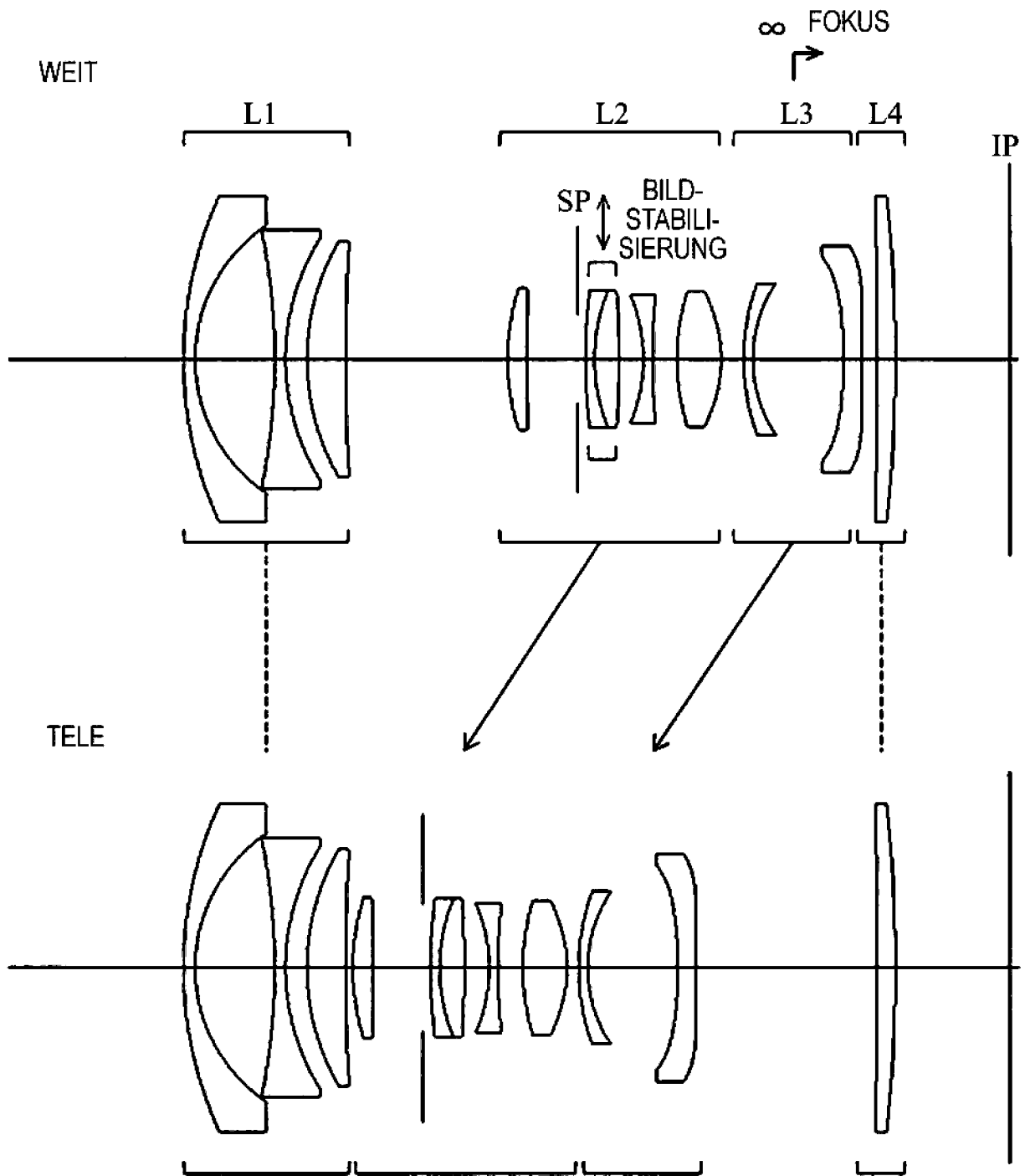


FIG. 19

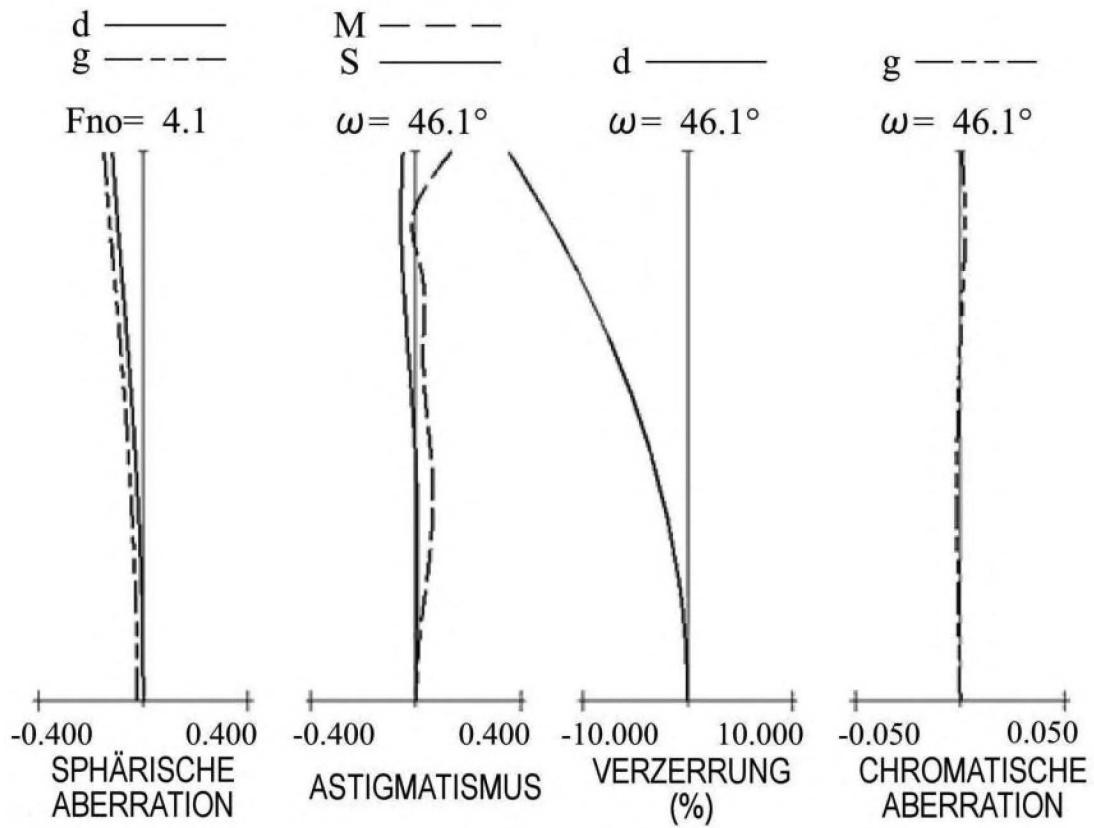


FIG. 20A

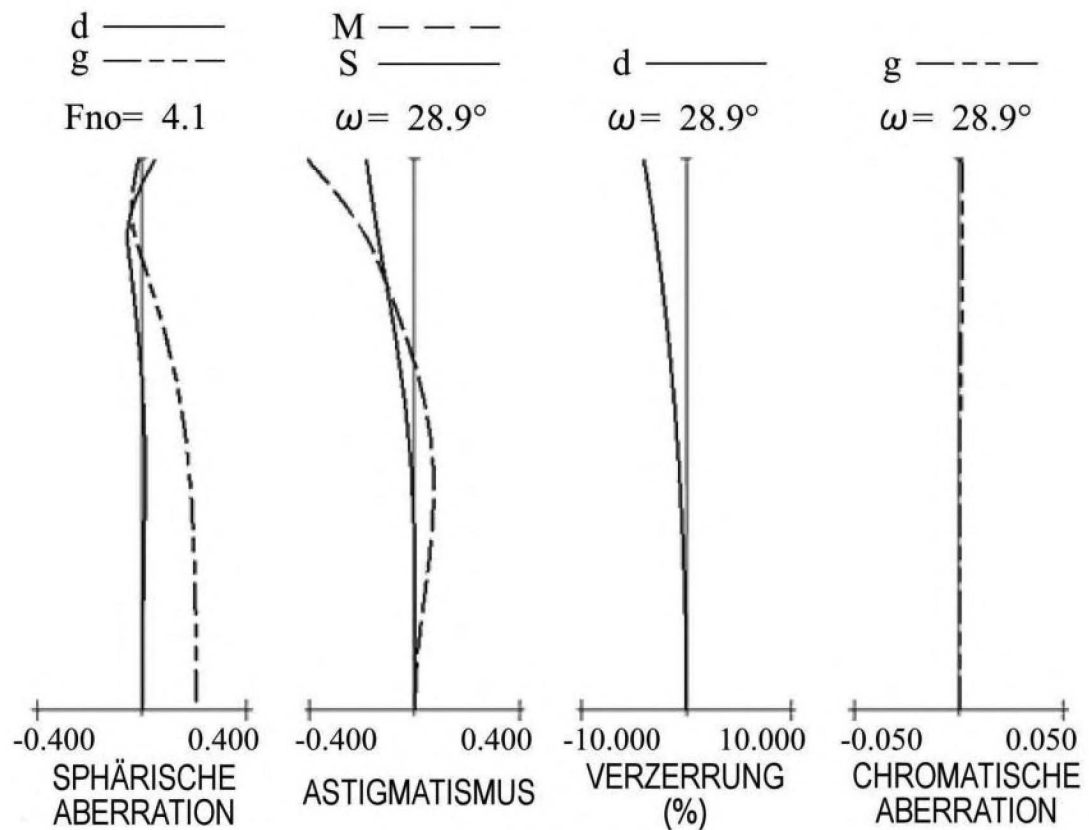


FIG. 20B

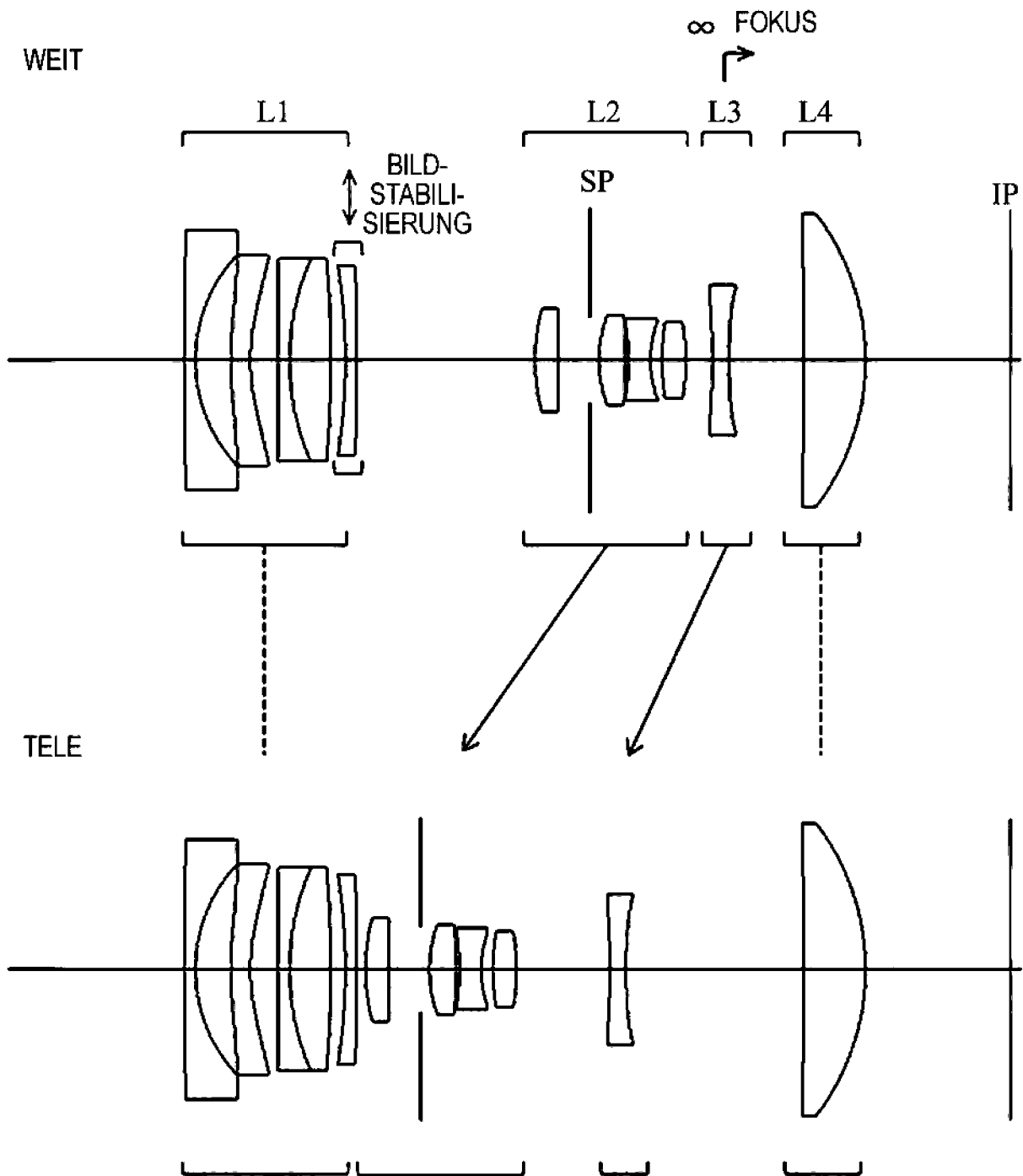


FIG. 21

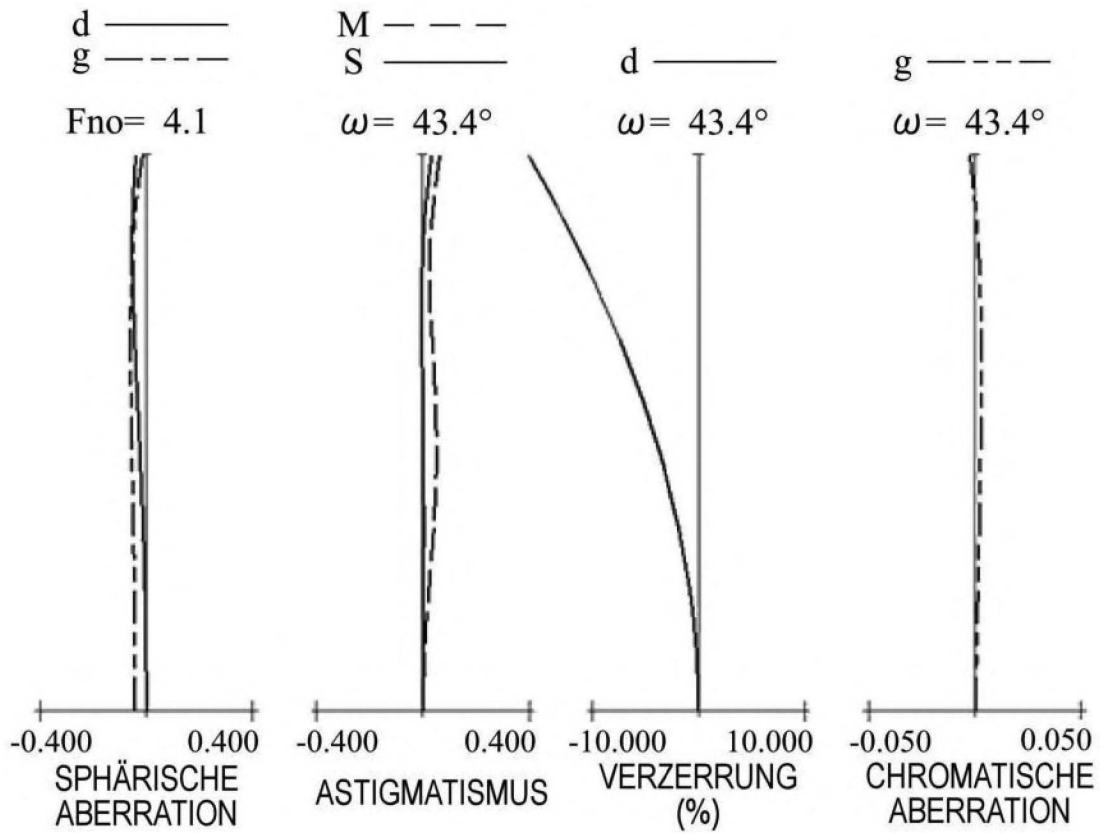


FIG. 22A

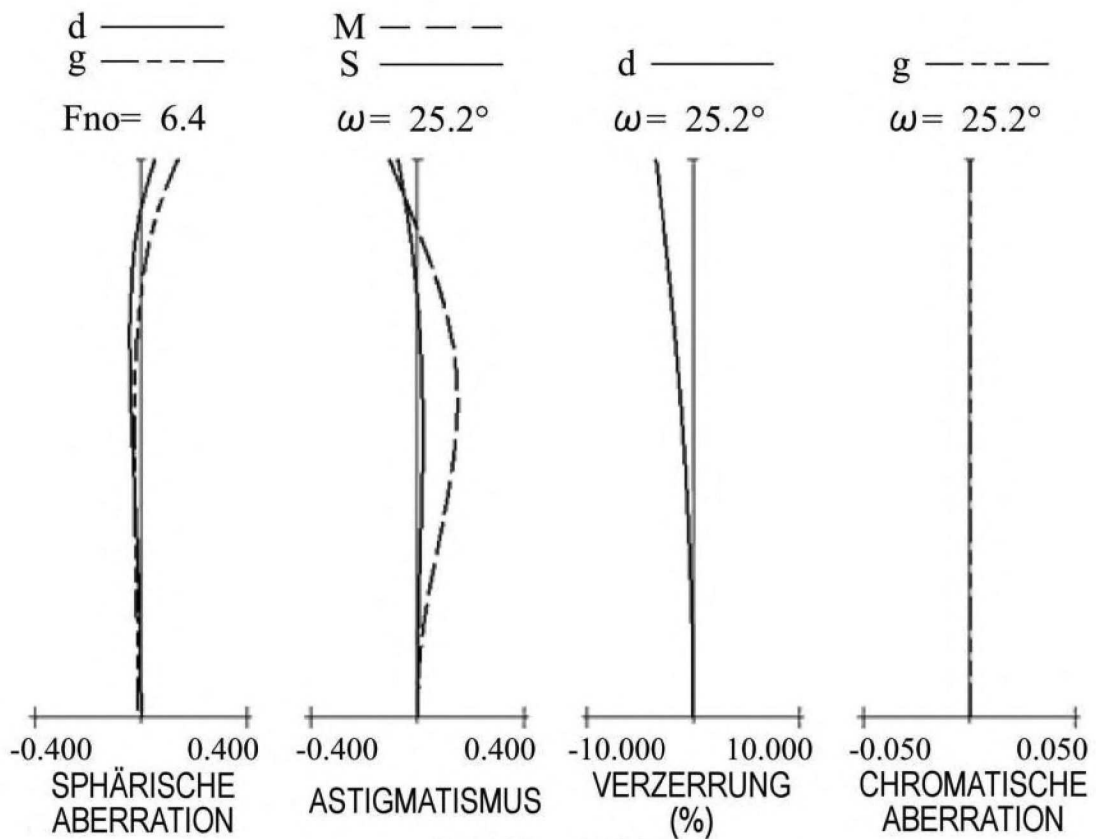


FIG. 22B

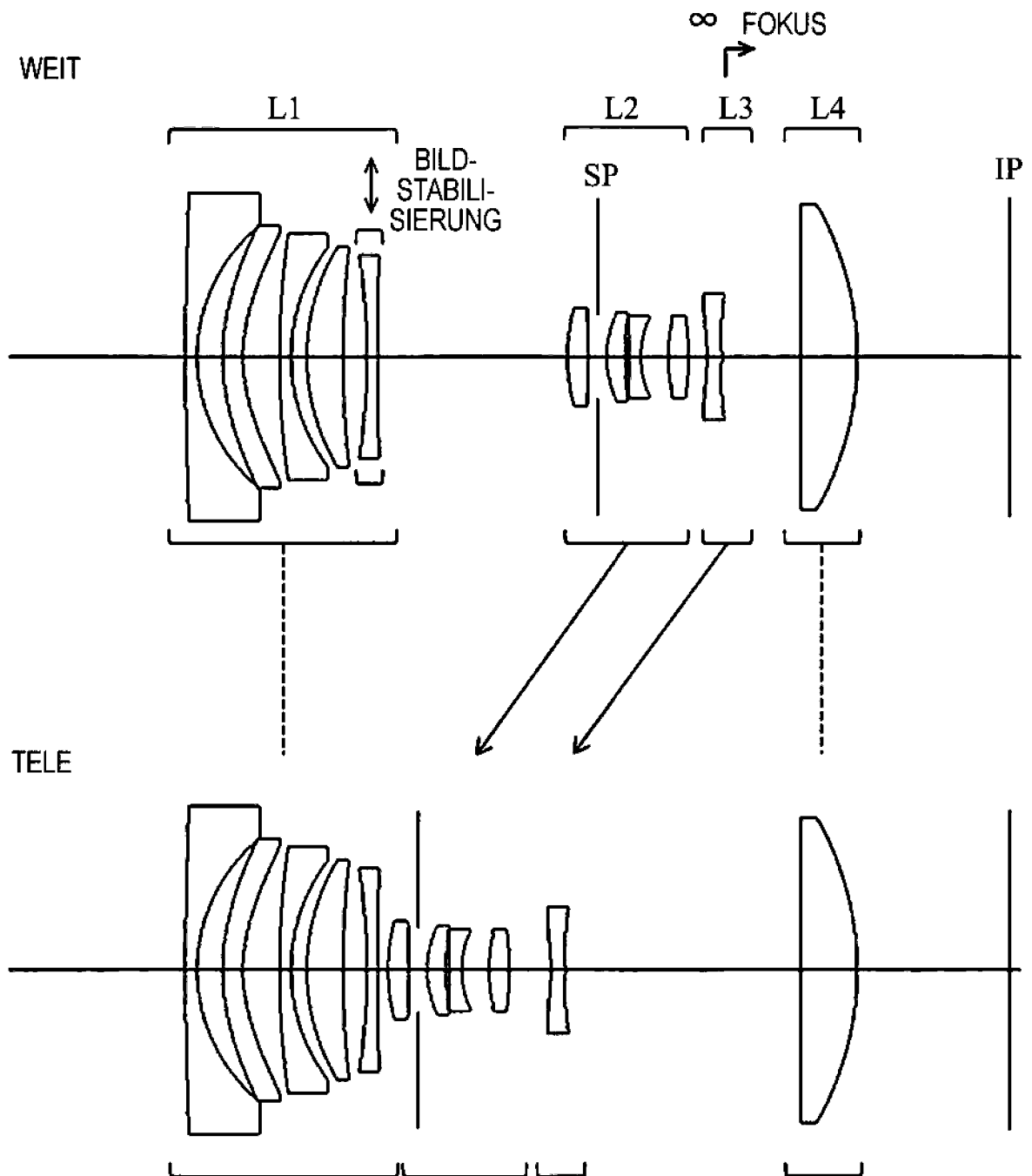


FIG. 23

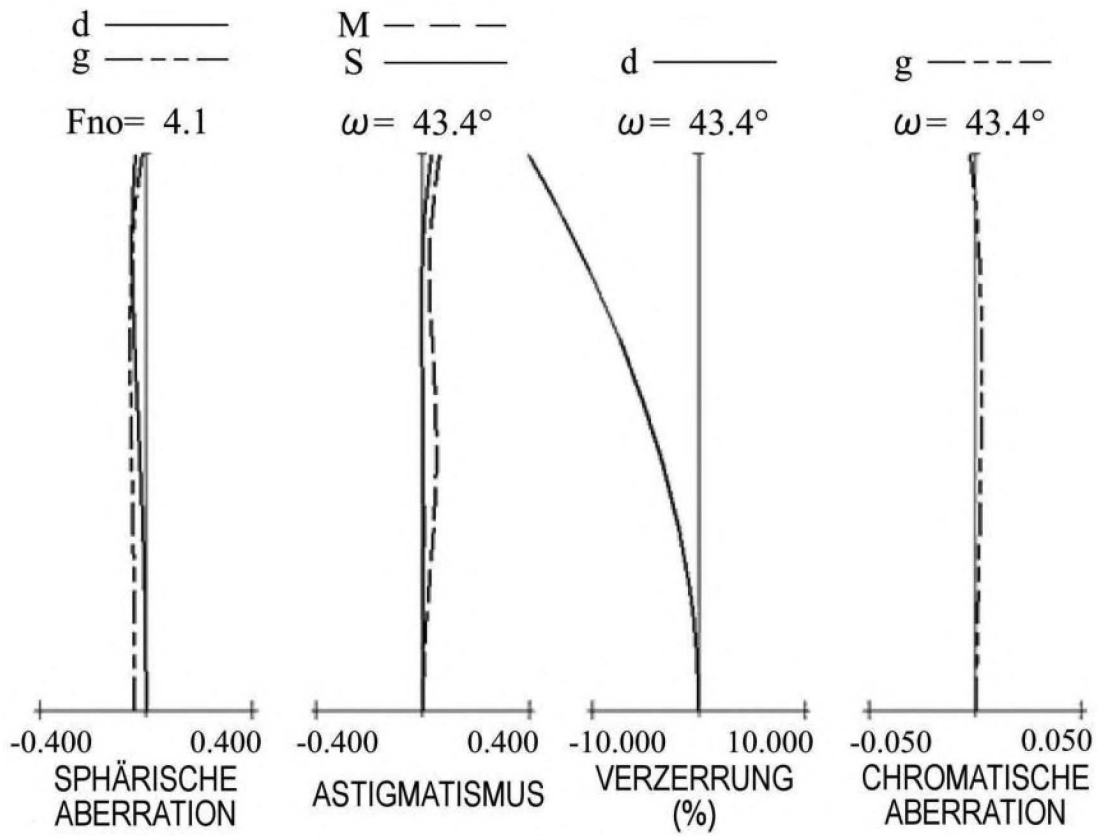


FIG. 24A

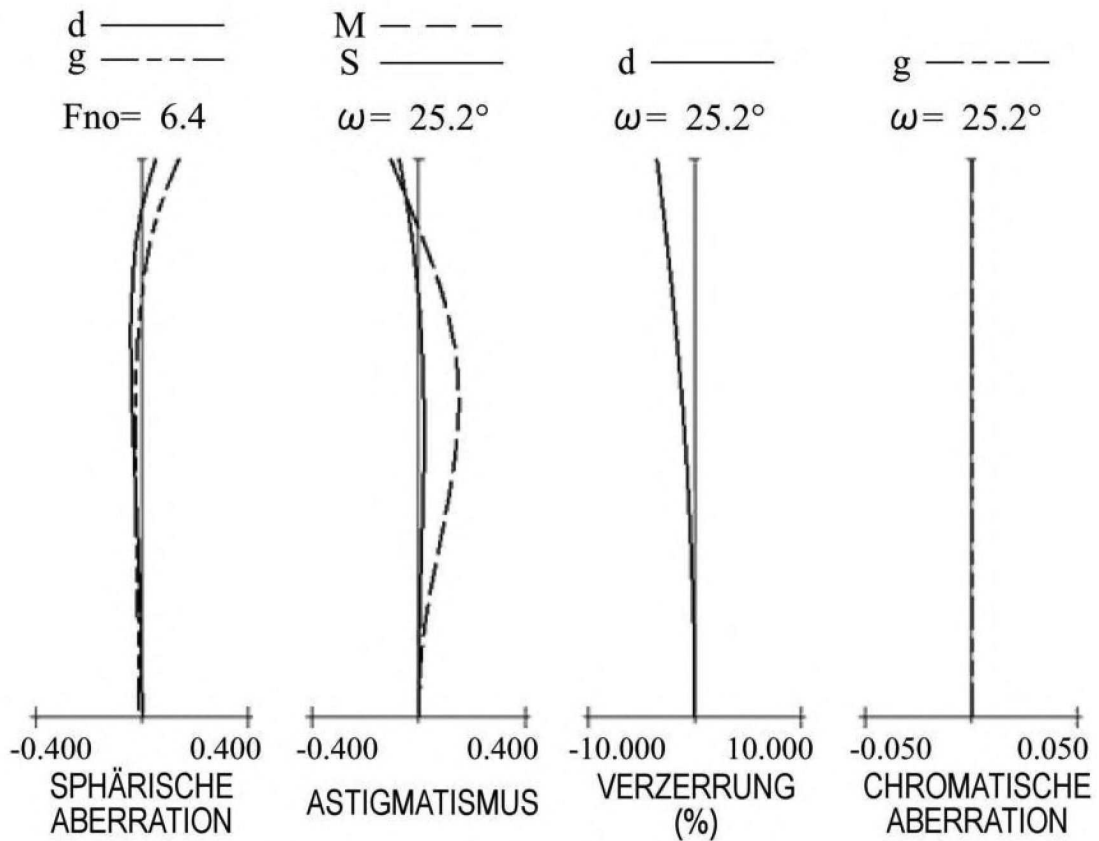


FIG. 24B

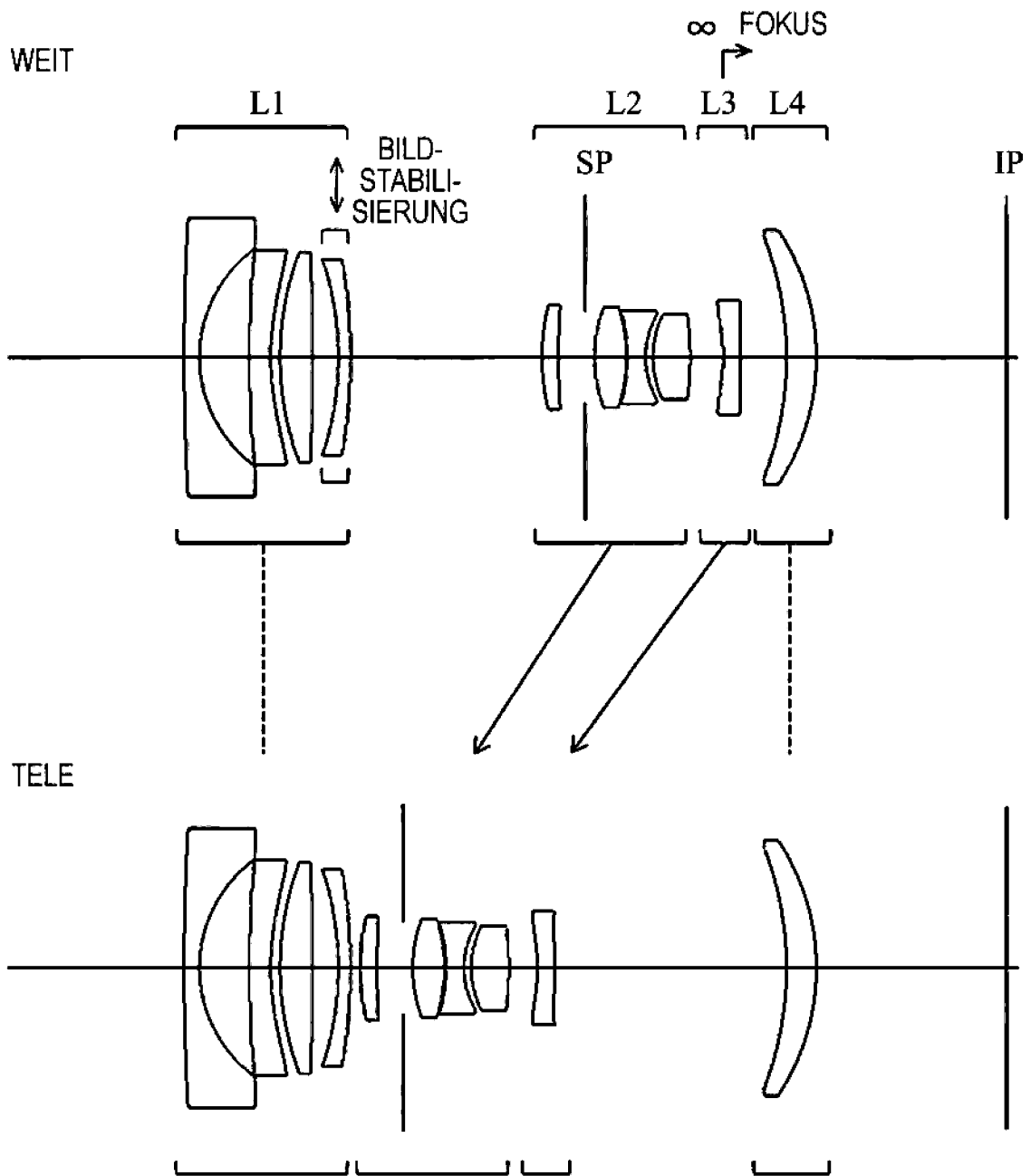


FIG. 25

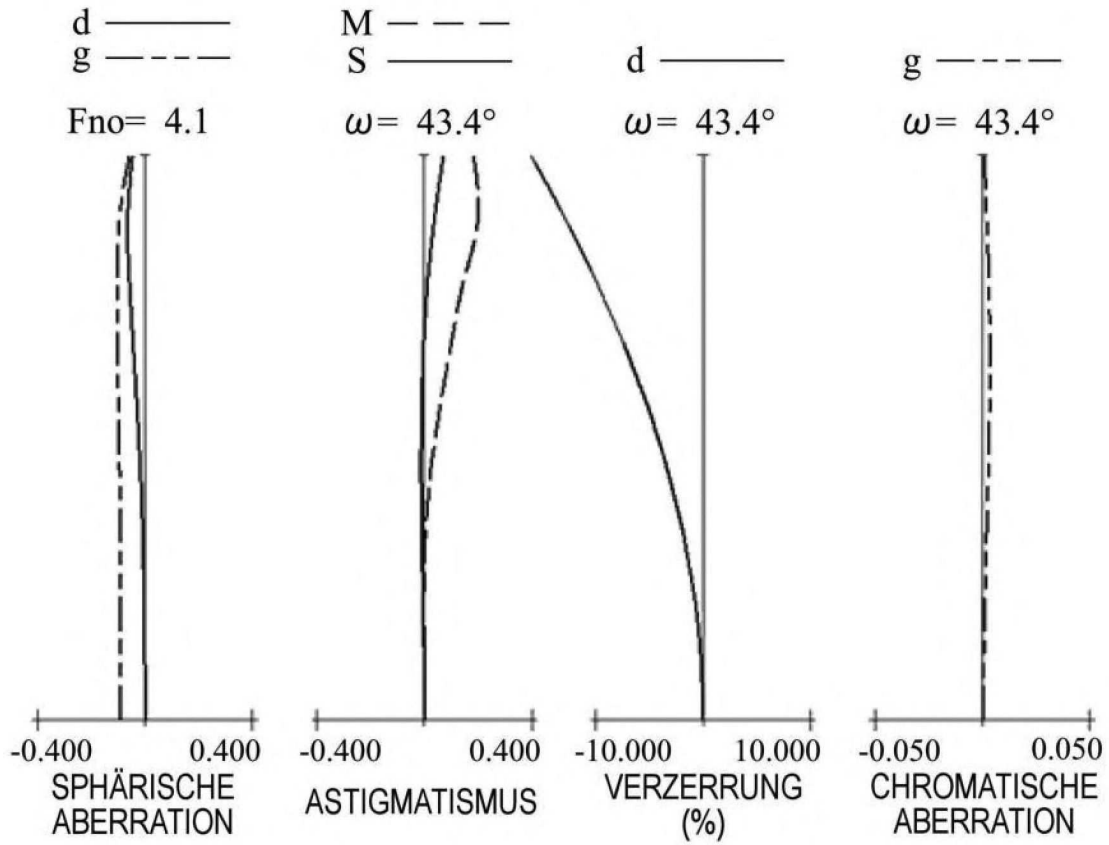


FIG. 26A

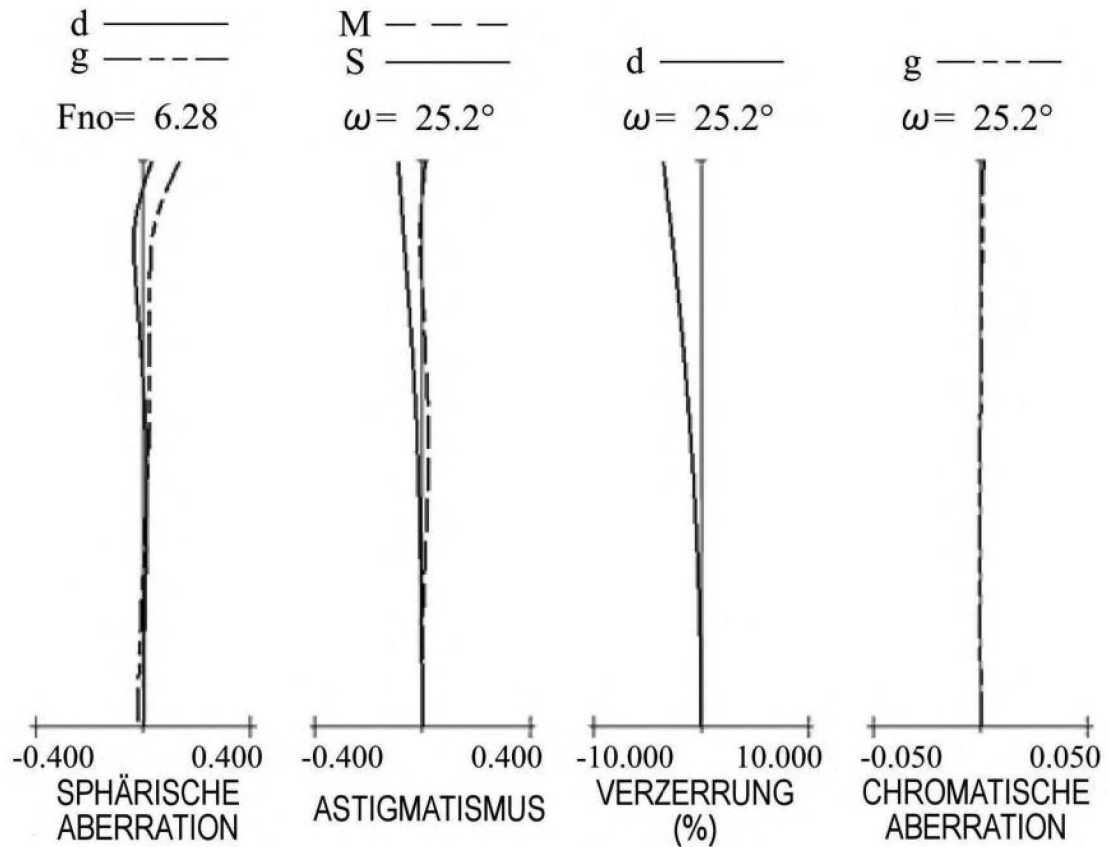


FIG. 26B

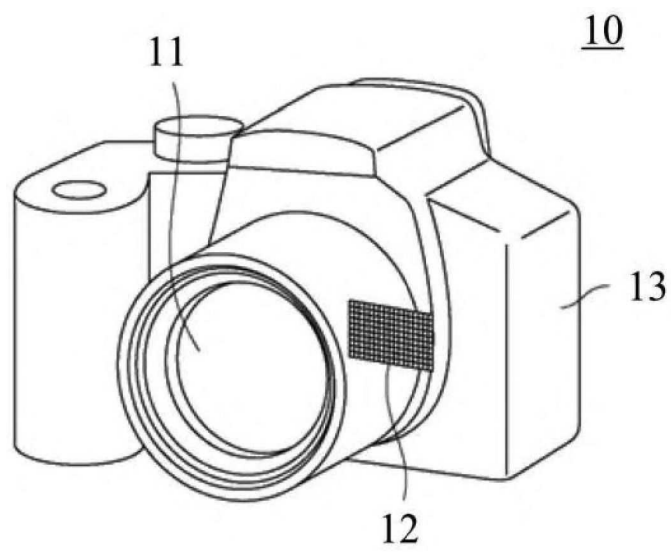


FIG. 27