



(10) **DE 10 2020 121 413 B4** 2023.11.30

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 121 413.8**
(22) Anmeldetag: **14.08.2020**
(43) Offenlegungstag: **18.02.2021**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **30.11.2023**

(51) Int Cl.: **G02B 15/20** (2006.01)
G02B 15/173 (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:
2019-149310 16.08.2019 JP

(73) Patentinhaber:
Canon Kabushiki Kaisha, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

(72) Erfinder:
Ogawa, Naotoshi, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2016 / 0 028 971 A1

(54) Bezeichnung: **Zoomobjektiv und Bildaufnahmegerät**

(57) Hauptanspruch: Zoomobjektiv, das in einer Reihenfolge von einer Gegenstandsseite zu einer Bildseite hin besteht aus:

einer vorderen Linseneinheit (L1), die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen;

einer oder zwei Zwischenlinseneinheiten (L2), die insgesamt eine negative Brechkraft aufweisen und dazu eingerichtet sind, sich für ein Zoomen zu bewegen;

einer ersten rückwärtigen Linseneinheit (L3), die eine negative Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen;

einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit (L4), die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen; und

einer dritten rückwärtigen Linseneinheit (L5), die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen,

wobei alle Intervalle zwischen benachbarten Linseneinheiten für ein Zoomen geändert werden, und

wobei die nachstehenden Bedingungsausdrücke erfüllt sind:

$$-6,0 \leq f_1/f_2 \leq -2,5;$$

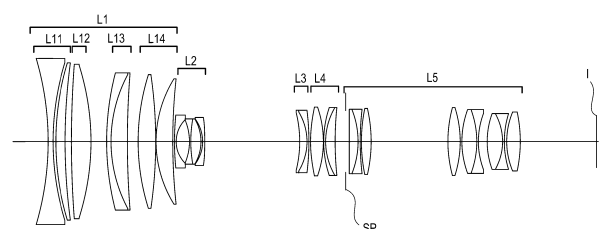
$$2,8 \leq f_t/f_1 \leq 5,0$$

und

$$3,5 \leq f_3/f_2 \leq 12,0,$$

wobei f1 eine Brennweite der vorderen Linseneinheit (L1) darstellt, f2 eine Brennweite der einen oder zwei Zwischen-

linseneinheiten (L2) darstellt, f3 eine Brennweite der ersten rückwärtigen Linseneinheit (L3) darstellt und ft eine Brennweite des Zoomobjektivs an einem Teleobjektivende darstellt.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Zoomobjektiv und ein Bildaufnahmegerät.

Stand der Technik

[0002] Bei einer Fotografie beispielsweise für eine Sportsendung oder ein TV-Programm über Natur, wird ein Gegenstand oftmals an einem entfernten Ort fotografiert, und somit ist ein Telezoomobjektiv mit einem hohen Zoomverhältnis und einer langen Brennweite an einem Teleobjektivende für eine solche Fotografie geeignet. Aufgrund einer Erhöhung einer Anzahl von Bildelementen eines Bildaufnahmebauelements, gibt es zusätzlich einen Bedarf für eine Erhöhung einer Leistungsfähigkeit eines Telezoomobjektivs, insbesondere für eine optische Leistungsfähigkeit über einen gesamten Zoombereich und einen gesamten Fokusbereich. Ferner ist es für eine Verwendung in Betriebsarten eines Fotografierens in denen großer Wert auf Tragbarkeit und Bedienbarkeit gelegt wird, üblich, ein Zoomobjektiv zu verwenden, in dem eine für eine Fokussierung verwendete erste Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft am nächsten zu einer Gegenstandsseite hin angeordnet ist.

[0003] Es ist ein Zoomobjektiv als ein kompaktes und leichtgewichtiges Zoomobjektiv mit einer hohen Vergrößerung und einer hohen Leistungsfähigkeit bekannt, das in einer Reihenfolge von einer Gegenstandsseite her aus einer ersten Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit mit einer negativen Brechkraft, einer dritten Linseneinheit mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft besteht, bei der die zweite Linseneinheit und die dritte Linseneinheit dazu eingerichtet sind, sich während eines Zoomens zu bewegen (Druckschrift JP 2012 - 203 297 A und Druckschrift JP 2019 - 39 945 A).

[0004] Bei dem in der Druckschrift JP 2019 - 39 945 A offenbarten Zoomobjektiv sind die zweite Linseneinheit mit der negativen Brechkraft, die dritte Linseneinheit mit der negativen Brechkraft und die vierte Linseneinheit mit der positiven Brechkraft dazu eingerichtet, sich während eines Zoomens zur Erzielung der hohen Vergrößerung und der hohen Leistungsfähigkeit zu bewegen, während das Zoomobjektiv kompakt und leichtgewichtig ist.

[0005] Jedoch weist das in der Druckschrift JP 2019 - 39 945 A offenbarte Zoomobjektiv eine Konfiguration auf, die für eine Kamera mit einer relativ kleinen Bildaufnahmeverrichtung für eine Fernsehkamera optimal ist, und weist ein Problem derart auf, dass es sich bei Anwendung auf eine Kamera mit einer großformatigen Bildaufnahmeverrichtung vergrößert.

[0006] Die Druckschrift US 2016/0028971 A1 zeigt ein Zoomobjektiv und ein Bildaufnahmegerät mit diesem Objektiv.

ERFINDUNGSZUSAMMENFASSUNG

[0007] Eine Ausgestaltung von Ausführungsbeispielen stellt beispielsweise ein Zoomobjektiv bereit, das für eine hohe Vergrößerung, eine geringe Größe und ein leichtes Gewicht sowie eine hohe optische Leistungsfähigkeit vorteilhaft ist.

[0008] Eine Ausgestaltung von Ausführungsbeispielen stellt ein Zoomobjektiv bereit, das in einer Reihenfolge von einer Gegenstandsseite zu einer Bildseite hin besteht aus: einer vorderen Linseneinheit, die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich während eines Zoomens nicht zu bewegen; einer oder zwei Zwischenlinseneinheiten, die insgesamt eine negative Brechkraft aufweisen und dazu eingerichtet sind, sich während eines Zoomens zu bewegen; einer ersten rückwärtigen Linseneinheit, die eine negative Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich bei einem Zoomen zu bewegen; einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit, die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich während eines Zoomens zu bewegen; und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit, die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich während eines Zoomens nicht zu bewegen, bei dem alle Intervalle zwischen benachbarten Linseneinheiten während eines Zoomens geändert werden, und bei dem die nachstehenden Bedingungsausdrücke erfüllt sind:

$$-6 \leq f_1/f_2 \leq -2,5;$$

$$2,8 \leq f_t/f_1 \leq 5,0;$$

und

$$3,5 \leq f_3/f_2 \leq 12,0,$$

wobei f_1 eine Brennweite der vorderen Linseneinheit darstellt, f_2 eine Brennweite der einen oder zwei Zwischenlinseneinheiten darstellt, f_3 eine Brennweite der ersten rückwärtigen Linseneinheit darstellt und f_t eine Brennweite des Zoomobjektivs an einem Teleobjektivende darstellt.

[0009] Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung sind aus der nachstehenden Beschreibung von exemplarischen Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung ersichtlich.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht von Ausführungsbeispiel 1 der vorliegenden Erfindung bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 2A zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 1 bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 2B zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 1 bei Fokussierung auf unendlich bei einer Brennweite von 77 mm.

Fig. 2C zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 1 bei Fokussierung auf unendlich an einem Teleobjektivende.

Fig. 3 zeigt eine Schnittansicht von Ausführungsbeispiel 2 der vorliegenden Erfindung bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 4A zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 2 bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 4B zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 2 bei Fokussierung auf unendlich bei einer Brennweite von 69 mm.

Fig. 4C zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 2 bei Fokussierung auf unendlich an einem Teleobjektivende.

Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht von Ausführungsbeispiel 3 der vorliegenden Erfindung bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 6A zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 3 bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 6B zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 3 bei Fokussierung auf unendlich bei einer Brennweite von 78 mm.

Fig. 6C zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 3 bei Fokussierung auf unendlich an einem Teleobjektivende.

Fig. 7 zeigt eine Schnittansicht von Ausführungsbeispiel 4 der vorliegenden Erfindung bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 8A zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 4 bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 8B zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 4 bei Fokussierung auf unendlich bei einer Brennweite von 81 mm.

Fig. 8C zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 4 bei Fokussierung auf unendlich an einem Teleobjektivende.

Fig. 9 zeigt eine Schnittansicht von Ausführungsbeispiel 5 der vorliegenden Erfindung bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 10A zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 5 bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 10B zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 5 bei Fokussierung auf unendlich bei einer Brennweite von 84 mm.

Fig. 10C zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 5 bei Fokussierung auf unendlich an einem Teleobjektivende.

Fig. 11 zeigt eine Schnittansicht von Ausführungsbeispiel 6 der vorliegenden Erfindung bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 12A zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 6 bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 12B zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 6 bei Fokussierung auf unendlich bei einer Brennweite von 77 mm.

Fig. 12C zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 6 bei Fokussierung auf unendlich an einem Teleobjektivende.

Fig. 13 zeigt eine Schnittansicht von Ausführungsbeispiel 7 der vorliegenden Erfindung bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 14A zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 7 bei einer Fokussierung auf unendlich an einem Weitwinkelende.

Fig. 14B zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 7 bei Fokussierung auf unendlich bei einer Brennweite von 77 mm.

Fig. 14C zeigt Aberrationsdarstellungen von Ausführungsbeispiel 7 bei Fokussierung auf unendlich an einem Teleobjektivende.

Fig. 15 zeigt eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung eines Hauptteils eines Bildaufnahmegeräts gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0010] Ein Zoomobjektiv gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung besteht aus in einer Reihenfolge von einer Gegenstandsseite zu einer Bildseite hin: einer vorderen Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen; einer Zwischenlinseneinheit, die aus einer oder zwei Linseneinheiten besteht und insgesamt eine negative Brechkraft aufweist, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen; einer ersten rückwärtigen Linseneinheit mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen; einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen; und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. In dem Zoomobjektiv wird ein Intervall zwischen jedem Paar von benachbarten Linseneinheiten für ein Zoomen geändert. Bei einer Fokussierung auf einen Gegenstand in einem geringen Abstand ist die gesamte vordere Linseneinheit oder ein Teil der vorderen Linseneinheit dazu eingerichtet, sich auf einer optischen Achse zu bewegen.

[0011] Die nachstehenden Bedingungsdrücke sind erfüllt:

$$-6,0 \leq f_1/f_2 \leq -2,5; \quad (1);$$

$$2,8 \leq f_t/f_1 \leq 5,0 \quad (2);$$

und

$$3,5 \leq f_3/f_2 \leq 12,0 \quad (3),$$

wobei f_1 eine Brennweite der vorderen Linseneinheit darstellt, f_2 eine Brennweite der Zwischenlinseneinheit darstellt, f_3 eine Brennweite der ersten rückwärtigen Linseneinheit darstellt und „ f_t “ eine Brennweite eines gesamten Systems des Zoomobjektivs an einem Teleobjektivende darstellt.

[0012] Nachstehend ist eine technische Bedeutung dieser Konfiguration beschrieben.

[0013] Der Bedingungsausdruck (1) ist dazu beabsichtigt, eine Bedingung zur Unterdrückung von Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu definieren, die durch ein Zoomen mit einem kompakten und leichtgewichtigen Zoomobjektiv hervorgerufen werden, während eine hohe Vergrößerung erzielt wird. Falls das Verhältnis die Grenze des Bedingungsausdrucks (1) überschreitet, wird die Brennweite der Zwischenlinseneinheit relativ viel größer. Infolgedessen wird eine Bewegungsmenge der Zwischenlinseneinheit vergrößert, und das Zoomobjektiv wird unvorteilhaft vergrößert. Falls im Gegensatz dazu das Verhältnis unter die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (1) fällt, wird die Brennweite der Zwischenlinseneinheit relativ viel kürzer. Infolgedessen wird es schwierig, die Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu unterdrücken, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden.

[0014] Es ist bevorzugter, den Bedingungsausdruck (1) wie folgt festzulegen.

$$-5,5 \leq f1/f2 \leq -3,5 \quad (1a)$$

[0015] Der Bedingungsausdruck (2) ist dazu beabsichtigt, eine Bedingung für eine Unterdrückung von verschiedenen Aberrationen an einem Teleobjektivende zu definieren, während das Zoomobjektiv kompakt und leichtgewichtig ist. Falls das Verhältnis die obere Grenze des Bedingungsausdrucks (2) überschreitet, wird die Brennweite der vorderen Linseneinheit relativ viel kürzer. Infolgedessen wird eine Vergrößerung von in der vorderen Linseneinheit erzeugten Aberrationen größer, und somit wird es schwierig, die verschiedenen Aberrationen an dem Teleobjektivende zu unterdrücken. Falls im Gegensatz dazu das Verhältnis unter die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (2) fällt, wird die Länge der vorderen Linseneinheit relativ viel kleiner. Infolgedessen wird eine Ausdehnungsmenge während einer Fokussierung erhöht, und das Zoomobjektiv wird unvorteilhaft vergrößert.

[0016] Es ist bevorzugter, den nachstehenden Bedingungsausdruck (2) wie folgt festzulegen.

$$2,8 \leq ft/f1 \leq 4,0 \quad (2a)$$

[0017] Der Bedingungsausdruck (3) ist dazu beabsichtigt, eine Bedingung zur Unterdrückung der Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu definieren, die durch ein Zoomen mit einem kompakten und leichtgewichtigen Zoomobjektiv hervorgerufen werden, während eine hohe Vergrößerung erzielt wird. Falls das Verhältnis die obere Grenze des Bedingungsausdrucks (3) überschreitet, wird die Brennweite der Zwischenlinseneinheit relativ viel kürzer, und somit wird es schwierig, die Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu unterdrücken, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden. Falls im Gegensatz dazu das Verhältnis unter die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (3) fällt, wird die Brennweite der Zwischenlinseneinheit relativ viel länger. Infolgedessen wird die Bewegungsmenge der Zwischenlinseneinheit erhöht, und das Zoomobjektiv wird unvorteilhaft vergrößert.

[0018] Es ist bevorzugter, den Bedingungsausdruck (3) wie folgt festzulegen.

$$3,5 \leq f3/f2 \leq 10,0 \quad (3a)$$

[0019] Ferner ist es bei der vorliegenden Erfindung bevorzugt, den nachstehenden Bedingungsausdruck zu erfüllen:

$$1,0 \leq fA/fw \leq 3,0, \quad (4)$$

wobei fA eine Brennweite der zweiten rückwärtigen Linseneinheit darstellt und fw eine Brennweite des gesamten Systems des Zoomobjektivs an einem Weitwinkelende darstellt.

[0020] Der Bedingungsausdruck (4) ist dazu beabsichtigt, eine Bedingung zur Erzielung einer kompakten dritten rückwärtigen Linseneinheit und zur Unterdrückung der Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu definieren, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden. Falls das Verhältnis die obere Grenze des Bedingungsausdrucks (4) überschreitet, wird die Brennweite der zweiten rückwärtigen Linseneinheit relativ viel länger. Infolgedessen wird eine Höhe eines axialen Strahls an der dritten rückwärtigen Linseneinheit größer, und die dritte rückwärtige Linseneinheit wird unvorteilhaft vergrößert. Falls im Gegensatz dazu das Verhältnis unter die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (4) fällt, wird die Brennweite der zweiten rückwärtigen Linseneinheit relativ viel kürzer. Infolgedessen werden Brechkräfte der die zweite rückwärtige

Linseneinheit ausbildenden Linsen stärker, und somit wird es schwierig, die verschiedenen Aberrationen zu unterdrücken. Wahlweise wird die Anzahl von die zweite rückwärtige Linseneinheit ausbildenden Linsen erhöht, und somit wird die zweite rückwärtige Linseneinheit unvorteilhaft vergrößert.

[0021] Es ist bevorzugter, den Bedingungsausdruck (4) wie folgt festzulegen.

$$1,5 < fA/fw < 2,5 \quad (4a)$$

[0022] Ferner ist es bei der vorliegenden Erfindung bevorzugt, den nachstehenden Bedingungsausdruck zu erfüllen.

$$-4,0 \leq fA/f2 \leq -1,5 \quad (5)$$

[0023] Der Bedingungsausdruck (5) ist dazu beabsichtigt, eine Bedingung zur Erzielung einer kompakten dritten rückwärtigen Linseneinheit und zur Unterdrückung der Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu definieren, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden. Falls das Verhältnis die obere Grenze des Bedingungsausdrucks (5) überschreitet, wird die Brennweite der zweiten rückwärtigen Linseneinheit relativ viel größer. Infolgedessen wird die Höhe des axialen Strahls bei der dritten rückwärtigen Linseneinheit größer, und die dritte rückwärtige Linseneinheit wird unvorteilhaft vergrößert. Falls im Gegensatz dazu das Verhältnis unter die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (5) fällt, wird die Brennweite der zweiten rückwärtigen Linseneinheit relativ viel kleiner. Infolgedessen werden die Brechkraften der die zweite rückwärtige Linseneinheit ausbildenden Linsen stärker, und somit wird es schwierig, die verschiedenen Aberrationen zu unterdrücken. Wahlweise wird die Anzahl von die zweite rückwärtige Linseneinheit ausbildenden Linsen erhöht, und somit wird die zweite rückwärtige Linseneinheit unvorteilhaft vergrößert.

[0024] Es ist bevorzugter, den Bedingungsausdruck (5) wie folgt festzulegen.

$$-3,5 < fA/f2 < -1,5 \quad (5a)$$

[0025] Ferner ist es bei der vorliegenden Erfindung bevorzugt, den nachstehenden Bedingungsausdruck zu erfüllen:

$$0,7 < fA1/fA < 1,5 \quad (6),$$

wobei $fA1$ eine Brennweite einer Linse darstellt, die in der zweiten rückwärtigen Linseneinheit am nächsten zu der Gegenstandsseite ist.

[0026] Der Bedingungsausdruck (6) ist dazu beabsichtigt, eine Bedingung zur Erzielung einer hohen Vergrößerung und zur Unterdrückung der Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu definieren, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden. Falls das Verhältnis die obere Grenze des Bedingungsausdrucks (6) überschreitet, wird ein Abstand zwischen Hauptpunkten der dritten rückwärtigen Linseneinheit und der zweiten rückwärtigen Linseneinheit an einem Teleobjektivende größer, und somit wird es schwierig, die hohe Vergrößerung zu erzielen. Falls im Gegensatz dazu das Verhältnis unter die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (6) fällt, wird die Brechkraft der zu der Gegenstandsseite nächsten Linse in der zweiten rückwärtigen Linseneinheit viel stärker, und somit wird es schwierig, die Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu unterdrücken, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden.

[0027] Es ist bevorzugter, den Bedingungsausdruck (6) wie folgt festzulegen.

$$0,9 < fA1/fA < 1,3 \quad (6a)$$

[0028] Ferner umfasst bei der vorliegenden Erfindung die Zwischenlinseneinheit eine Linse mit einer negativen Brechkraft und eine Linse mit einer positiven Brechkraft, und es ist bevorzugt, den nachstehenden Bedingungsausdruck zu erfüllen:

$$-0,003 < (\theta 2n - \theta 2p) / (v 2n - v 2p) < -0,0015 \quad (7),$$

wobei $v 2p$ einen Durchschnittswert einer Abbe-Zahl der positiven Linse der Zwischenlinseneinheit darstellt, $\theta 2p$ einen Durchschnittswert eines Teildispersionsverhältnisses der positiven Linse der Zwischenlinseneinheit darstellt, $v 2n$ einen Durchschnittswert einer Abbe-Zahl der negativen Linse der Zwischenlinseneinheit dar-

stellt und θ_{2n} einen Durchschnittswert eines Teildispersionsverhältnisses der negativen Linse der Zwischenlinseneinheit darstellt.

[0029] Es ist zu beachten, dass eine Abbe-Zahl „vd“ und ein Teildispersionsverhältnis $\theta_g F$ durch die nachstehenden Ausdrücke ausgedrückt sind:

$$v_d = (N_d - 1)/(N_F - N_C);$$

und

$$\theta_g F = (N_g - N_F)/(N_F - N_C),$$

wobei N_g , N_F , N_d und N_C jeweils Brechungsindizes hinsichtlich einer g-Linie (Wellenlänge: 435,8 nm), einer F-Linie (Wellenlänge: 486,1 nm), einer d-Linie (Wellenlänge: 587,6 nm) und einer C-Linie (Wellenlänge: 656,3 nm) von Fraunhofer-Linien darstellen.

[0030] Der Bedingungsausdruck (7) ist dazu beabsichtigt, eine Bedingung zur Unterdrückung einer Abweichung einer chromatischen Aberration einer Vergrößerung, die durch ein Zoomen hervorgerufen wird, und einer axialen chromatischen Aberration an einem Teleobjektivende zu definieren. Falls das Verhältnis die obere Grenze des Bedingungsausdrucks (7) überschreitet, wird es schwierig, ein Spektrum zweiter Ordnung an einem Teleobjektivende zu korrigieren. Falls im Gegensatz dazu das Verhältnis unter die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (7) fällt, wird es schwierig, die Abweichung einer chromatischen Aberration einer Vergrößerung zu unterdrücken, die durch ein Zoomen hervorgerufen wird.

[0031] Es ist bevorzugter, den Bedingungsausdruck (7) wie folgt festzulegen.

$$-0,0025 < (\theta_{2n} - \theta_{2p})/(v_{2n} - v_{2p}) < -0,0017 \quad (7a)$$

[0032] Ferner ist es bei der vorliegenden Erfindung bevorzugt, den nachstehenden Bedingungsausdruck zu erfüllen:

$$1,0 < f_{21}/f_2 < 2,0 \quad (8),$$

wobei f_{21} eine Brennweite einer Linse darstellt, die in der Zwischenlinseneinheit am nächsten zu der Gegenstandsseite ist.

[0033] Der Bedingungsausdruck (8) ist dazu beabsichtigt, eine Bedingung zur Erzielung eines kompakten Zoomobjektivs und zur Unterdrückung der Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu definieren, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden. Falls das Verhältnis die obere Grenze des Bedingungsausdrucks (8) überschreitet, wird ein Abstand zwischen Hauptpunkten der vorderen Linseneinheit und der Zwischenlinseneinheit an einem Weitwinkelende größer, und somit wird es schwierig, das kompakte Zoomobjektiv zu erzielen. Falls im Gegensatz dazu das Verhältnis unter die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (8) fällt, wird die Brechkraft der Linse viel stärker, die in der Zwischenlinseneinheit am nächsten zu der Gegenstandsseite ist, und somit wird es schwierig, die Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu unterdrücken, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden.

[0034] Es ist bevorzugter, den Bedingungsausdruck (8) wie folgt festzulegen.

$$1,1 < f_{21}/f_2 < 1,5 \quad (8a)$$

[0035] Ferner umfasst bei der vorliegenden Erfindung die erste rückwärtige Linseneinheit eine Linse mit einer negativen Brechkraft und eine Linse mit einer positiven Brechkraft. Es ist bevorzugt, den nachstehenden Bedingungsausdruck zu erfüllen:

$$1,5 < v_{3n}/v_{3p} < 3,0 \quad (9),$$

wobei v_{3p} einen Durchschnittswert einer Abbe-Zahl der positiven Linse der ersten rückwärtigen Linseneinheit darstellt, und v_{3n} einen Durchschnittswert einer Abbe-Zahl der negativen Linse der ersten rückwärtigen Linseneinheit darstellt.

[0036] Der Bedingungsausdruck (9) ist dazu beabsichtigt, eine Bedingung zur Unterdrückung einer Abweichung einer axialen chromatischen Aberration, die durch ein Zoomen hervorgerufen wird, und der Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu definieren, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden. Falls das Verhältnis die obere Grenze des Bedingungsausdrucks (9) überschreitet, werden Brechkkräfte der Linsen der ersten rückwärtigen Linseneinheit viel schwächer, und es wird schwierig, die Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu unterdrücken, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden. Wahlweise wird es schwierig, eine chromatische Aberration in der ersten rückwärtigen Linseneinheit zu unterdrücken, und somit wird es schwierig, insbesondere die Abweichung einer axialen chromatischen Aberration zu unterdrücken, die durch ein Zoomen hervorgerufen wird. Falls im Gegensatz dazu das Verhältnis unter die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (9) fällt, werden Brechkkräfte der Linsen der ersten rückwärtigen Linseneinheit viel stärker, und es wird schwierig, die Abweichungen von verschiedenen Aberrationen zu unterdrücken, die durch ein Zoomen hervorgerufen werden. Wahlweise wird es schwierig, eine chromatische Aberration in der ersten rückwärtigen Linseneinheit zu unterdrücken, und somit wird es insbesondere schwierig, die Abweichung einer axialen chromatischen Aberration zu unterdrücken, die durch ein Zoomen hervorgerufen wird.

Ausführungsbeispiel 1

[0037] Ein Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 1 der vorliegenden Erfindung ist insbesondere unter Bezugnahme auf **Fig. 1**, **Fig. 2A**, **Fig. 2B** und **Fig. 2C** genau beschrieben.

[0038] **Fig. 1** zeigt eine Linsenschnittansicht eines numerischen Ausführungsbeispiels 1 als Ausführungsbeispiel 1 der vorliegenden Erfindung, falls das Zoomobjektiv auf einen Gegenstand bei unendlich an dem Weitwinkelende fokussiert wird. **Fig. 2A**, **Fig. 2B** und **Fig. 2C** zeigen longitudinale Aberrationsdarstellungen des numerischen Ausführungsbeispiels 1, jeweils bei einer Fokussierung des Zoomobjektivs auf den Gegenstand bei unendlich an einem Weitwinkelende, einer Brennweite von 77 mm und dem Teleobjektivende. In den longitudinalen Aberrationsdarstellungen ist eine sphärische Aberration hinsichtlich einer e-Linie (durchgezogene Linie) und einer g-Linie (gestrichelte Linie) gezeigt. Ein Astigmatismus ist für eine meridionale Bildebene (gestrichelte Linie) und eine sagittale Bildebene (durchgezogene Linie) hinsichtlich der e-Linie gezeigt. Die chromatische Aberration einer Vergrößerung ist durch die g-Linie (gestrichelte Linie) ausgedrückt. f_{no} stellt eine f-Zahl dar, und „ ω “ stellt einen halben Fotografie-Sichtwinkel dar. In den longitudinalen Aberrationsdarstellungen sind eine sphärische Aberration, ein Astigmatismus, eine Verzeichnung und eine chromatische Aberration einer Vergrößerung jeweils in Maßstäben von 0,4 mm, 0,4 mm, 10% und 0,1 mm gezeigt.

[0039] Gemäß **Fig. 1** umfasst das Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 1 in einer Reihenfolge von der Gegenstandsseite zu der Bildseite eine vordere Linseneinheit L1 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen (bzw. eine Vergrößerungsänderung) nicht zu bewegen, und eine Zwischenlinseneinheit L2 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen. Die Zwischenlinseneinheit L2 ist dazu eingerichtet, sich in Richtung einer Seite einer Bildebene auf der optischen Achse monoton zu bewegen, um ein Zoomen von einem Weitwinkelende zu einem Teleobjektivende durchzuführen. Eine erste rückwärtige Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft ist dazu eingerichtet, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu einer Zwischenzoomposition zu bewegen, und sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite auf der optischen Achse von der Zwischenzoomposition zu dem Teleobjektivende zu bewegen. Eine zweite rückwärtige Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft ist dazu eingerichtet, sich auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende zu bewegen. Auf der Bildseite der zweiten rückwärtigen Linseneinheit L4 ist eine dritte rückwärtige Linseneinheit L5 mit einer positiven Brechkraft umfasst, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 umfasst eine Blende SP, die am nächsten zu der Gegenstandsseite ist. In **Fig. 1** ist eine Bildaufnahmeoberfläche durch I bezeichnet.

[0040] Die vordere Linseneinheit L1 besteht aus einer ersten Linsenuntereinheit L11 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linsenuntereinheit L12 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linsenuntereinheit L13 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linsenuntereinheit L14 mit einer positiven Brechkraft. Die zweite Linsenuntereinheit L12 wird dazu veranlasst, sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite zu bewegen, und die vierte Linsenuntereinheit L14 wird dazu veranlasst, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite zu bewegen, um dadurch auf einen Gegenstand in einen kurzen Abstand zu fokussieren.

[0041] Die vordere Linseneinheit L1 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus sieben Linsen. Die erste Linsenuntereinheit L11 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zur 4-ten

Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite Linsenuntereinheit L12 entspricht der 5-ten Oberfläche und der 6-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse. Die dritte Linsenuntereinheit L13 entspricht der 7-ten Oberfläche bis zu der 9-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse und einer negativen Linse. Die vierte Linsenuntereinheit L14 entspricht der 10-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus zwei positiven Linsen.

[0042] Die Zwischenlinseneinheit L2 entspricht der 14-ten Oberfläche bis zu der 20-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und einer positiven Linse. Die erste rückwärtige Linseneinheit L3 entspricht der 21-ten Oberfläche bis zu der 23-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite rückwärtige Linseneinheit L4 entspricht der 24-ten Oberfläche bis zu der 28-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und zwei positiven Linsen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 entspricht der 29-ten Oberfläche bis zu der 44-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und sechs positiven Linsen.

[0043] Werte, die den Bedingungsausdrücken von Ausführungsbeispiel 1 entsprechen, sind in Tabelle 1 aufgeführt. Ausführungsbeispiel 1 erfüllt alle Bedingungsausdrücke (1) bis (9), und erzielt eine zufriedenstellende optische Leistungsfähigkeit, während die hohe Vergrößerung mit einem kompakten und leichtgewichtigen Zoomobjektiv erzielt wird.

Ausführungsbeispiel 2

[0044] Ein Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 2 der vorliegenden Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 3**, **Fig. 4A**, **Fig. 4B** und **Fig. 4C** genau beschrieben.

[0045] Das Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 2 besteht in einer Reihenfolge von der Gegenstandsseite zu der Bildseite aus einer vorderen Linseneinheit L1 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen, einer Zwischenlinseneinheit L2 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich auf der optischen Achse in Richtung einer Seite einer Bildebene zur Durchführung eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende hin monoton zu bewegen, einer ersten rückwärtigen Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu einer Zwischenzoomposition zu bewegen, und sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite auf der optischen Achse von der Zwischenzoomposition zu dem Teleobjektivende zu bewegen, einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende zu bewegen, und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit L5 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 umfasst eine Blende SP, die am nächsten zu der Gegenstandsseite ist. Eine Bildaufnahmeoberfläche ist durch I bezeichnet.

[0046] Die vordere Linseneinheit L1 besteht aus einer ersten Linsenuntereinheit L11 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linsenuntereinheit L12 mit einer positiven Brechkraft und einer dritten Linsenuntereinheit L13 mit einer positiven Brechkraft. Die zweite Linsenuntereinheit L12 wird dazu veranlasst, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite zu bewegen, und die dritte Linsenuntereinheit L13 wird dazu veranlasst, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite zu bewegen, um dadurch auf einen Gegenstand in einem kurzen Abstand zu fokussieren.

[0047] Die vordere Linseneinheit L1 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 12-ten Oberfläche, und besteht aus sechs Linsen. Die erste Linsenuntereinheit L11 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 6-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und zwei positiven Linsen. Die zweite Linsenuntereinheit L12 entspricht der 7-ten Oberfläche bis zu der 10-ten Oberfläche, und besteht aus zwei positiven Linsen. Die dritte Linsenuntereinheit L13 entspricht der 11-ten Oberfläche und der 12-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse.

[0048] Die Zwischenlinseneinheit L2 entspricht der 13-ten Oberfläche bis zu der 19-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und einer positiven Linse. Die erste rückwärtige Linseneinheit L3 entspricht der 20-ten Oberfläche bis zu der 22-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite rückwärtige Linseneinheit L4 entspricht der 23-ten Oberfläche und der 24-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 entspricht der 25-ten Oberfläche bis zu der 38-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und fünf positiven Linsen.

[0049] Werte, die den Bedingungsausdrücken von Ausführungsbeispiel 2 entsprechen, sind in Tabelle 1 gezeigt. Ausführungsbeispiel 2 erfüllt alle Bedingungsausdrücke (1) bis (9), und erzielt eine zufriedenstellende optische Leistungsfähigkeit, während die hohe Vergrößerung mit einem kompakten und leichtgewichtigen Zoomobjektiv erzielt wird.

Ausführungsbeispiel 3

[0050] Ein Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 3 der vorliegenden Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 5**, **Fig. 6A**, **Fig. 6B** und **Fig. 6C** genau beschrieben.

[0051] Das Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 3 besteht in einer Reihenfolge von der Gegenstandsseite zu der Bildseite aus einer vorderen Linseneinheit L1 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen, einer Zwischenlinseneinheit L2 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich in Richtung einer Seite einer Bildebene auf der optischen Achse zur Durchführung eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende monoton zu bewegen, einer ersten rückwärtigen Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu einer Zwischenzoomposition zu bewegen, und sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite auf der optischen Achse von der Zwischenzoomposition zu dem Teleobjektivende zu bewegen, einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende zu bewegen, einer Blende SP, die dazu eingerichtet ist, sich entlang desselben Ortes wie dem der zweiten rückwärtigen Linseneinheit L4 während eines Zoomens zu bewegen, und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit L5 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. Eine Bildaufnahmeoberfläche ist durch I bezeichnet.

[0052] Ferner besteht die vordere Linseneinheit L1 aus einer ersten Linsenuntereinheit L11 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linsenuntereinheit L12 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linsenuntereinheit L13 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linsenuntereinheit L14 mit einer positiven Brechkraft. Die zweite Linsenuntereinheit L12 wird dazu veranlasst, sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite zu bewegen, und die vierte Linsenuntereinheit L14 wird dazu veranlasst, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite zu bewegen, um dadurch auf einen Gegenstand in einem kurzen Abstand zu fokussieren.

[0053] Die vordere Linseneinheit L1 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus sieben Linsen. Die erste Linsenuntereinheit L11 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zur 4-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite Linsenuntereinheit L12 entspricht der 5-ten Oberfläche und der 6-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse. Die dritte Linsenuntereinheit L13 entspricht der 7-ten Oberfläche bis zu der 9-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse und einer negativen Linse. Die vierte Linsenuntereinheit L14 entspricht der 10-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus zwei positiven Linsen.

[0054] Die Zwischenlinseneinheit L2 entspricht der 14-ten Oberfläche bis zu der 20-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und einer positiven Linse. Die erste rückwärtige Linseneinheit L3 entspricht der 21-ten Oberfläche bis zu der 23-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite rückwärtige Linseneinheit L4 entspricht der 24-ten Oberfläche bis zu der 29-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und zwei positiven Linsen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 entspricht der 30-ten Oberfläche bis zu der 43-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und fünf positiven Linsen.

[0055] Werte, die den Bedingungsausdrücken von Ausführungsbeispiel 3 entsprechen, sind in Tabelle 1 gezeigt. Ausführungsbeispiel 3 erfüllt alle Bedingungsausdrücke (1) bis (9), und erzielt eine zufriedenstellende optische Leistungsfähigkeit, während die hohe Vergrößerung mit einem kompakten und leichtgewichtigen Zoomobjektiv erzielt wird.

Ausführungsbeispiel 4

[0056] Ein Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 4 der vorliegenden Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 7**, **Fig. 8A**, **Fig. 8B** und **Fig. 8C** genau beschrieben.

[0057] Das Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 4 besteht in einer Reihenfolge von der Gegenstandsseite zu der Bildseite aus einer vorderen Linseneinheit L1 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen, einer Zwischenlinseneinheit L2 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich in Richtung einer Seite einer Bildebene auf der optischen Achse monoton zu bewegen, um ein Zoomen von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende durchzuführen, einer ersten rückwärtigen Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu einer Zwischenzoomposition zu bewegen, und sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite auf der optischen Achse von der Zwischenzoomposition zu dem Teleobjektivende zu bewegen, einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende zu bewegen, und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit L5 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 umfasst eine Blende SP, die am nächsten zu der Gegenstandsseite ist. Eine Bildaufnahmeoberfläche ist durch I bezeichnet.

[0058] Die vordere Linseneinheit L1 besteht aus einer ersten Linsenuntereinheit L11 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linsenuntereinheit L12 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linsenuntereinheit L13 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linsenuntereinheit L14 mit einer positiven Brechkraft. Die zweite Linsenuntereinheit L12 wird dazu veranlasst, sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite zu bewegen, und die vierte Linsenuntereinheit L14 wird dazu veranlasst, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite zu bewegen, um dadurch auf einen Gegenstand in einem kurzen Abstand zu fokussieren.

[0059] Die vordere Linseneinheit L1 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus sieben Linsen. Die erste Linsenuntereinheit L11 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zur 4-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite Linsenuntereinheit L12 entspricht der 5-ten Oberfläche und der 6-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse. Die dritte Linsenuntereinheit L13 entspricht der 7-ten Oberfläche bis zu der 9-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse und einer negativen Linse. Die vierte Linsenuntereinheit L14 entspricht der 10-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus zwei positiven Linsen.

[0060] Die Zwischenlinseneinheit L2 entspricht der 14-ten Oberfläche bis zu der 20-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und einer positiven Linse. Die erste rückwärtige Linseneinheit L3 entspricht der 21-ten Oberfläche bis zu der 23-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite rückwärtige Linseneinheit L4 entspricht der 24-ten Oberfläche bis zu der 28-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und zwei positiven Linsen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 entspricht der 29-ten Oberfläche bis zu der 44-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und sechs positiven Linsen.

[0061] Werte, die den Bedingungsausdrücken von Ausführungsbeispiel 4 entsprechen, sind in Tabelle 1 gezeigt. Ausführungsbeispiel 4 erfüllt alle Bedingungsausdrücke (1) bis (9), und erzielt eine zufriedenstellende optische Leistungsfähigkeit, während die hohe Vergrößerung mit einem kompakten und leichtgewichtigen Zoomobjektiv erzielt wird.

Ausführungsbeispiel 5

[0062] Ein Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 5 der vorliegenden Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 9**, **Fig. 10A**, **Fig. 10B** und **Fig. 10C** genau beschrieben.

[0063] Das Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 5 besteht in einer Reihenfolge von der Gegenstandsseite zu der Bildseite aus einer vorderen Linseneinheit L1 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen, einer Zwischenlinseneinheit L2 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich in Richtung einer Seite einer Bildebene auf der optischen Achse zur Durchführung eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende monoton zu bewegen, einer ersten rückwärtigen Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu einer Zwischenzoomposition zu bewegen, und sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite auf der optischen Achse von der Zwischenzoomposition zu dem Teleobjektivende zu bewegen, einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende zu bewegen, und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit L5 mit einer

positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 umfasst eine Blende SP, die am nächsten zu der Gegenstandsseite ist. Eine Bildaufnahmeoberfläche ist durch I bezeichnet.

[0064] Die vordere Linseneinheit L1 besteht aus einer ersten Linsenuntereinheit L11 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linsenuntereinheit L12 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linsenuntereinheit L13 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linsenuntereinheit L14 mit einer positiven Brechkraft. Die zweite Linsenuntereinheit L12 wird dazu veranlasst, sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite zu bewegen, und die vierte Linsenuntereinheit L14 wird dazu veranlasst, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite zu bewegen, um dadurch auf einen Gegenstand in einem kurzen Abstand zu fokussieren.

[0065] Die vordere Linseneinheit L1 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus sieben Linsen. Die erste Linsenuntereinheit L11 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 4-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite Linsenuntereinheit L12 entspricht der 5-ten Oberfläche und der 6-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse. Die dritte Linsenuntereinheit L13 entspricht der 7-ten Oberfläche bis zu der 9-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse und einer negativen Linse. Die vierte Linsenuntereinheit L14 entspricht der 10-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus zwei positiven Linsen.

[0066] Die Zwischenlinseneinheit L2 entspricht der 14-ten Oberfläche bis zu der 20-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und einer positiven Linse. Die erste rückwärtige Linseneinheit L3 entspricht der 21-ten Oberfläche bis zu der 23-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite rückwärtige Linseneinheit L4 entspricht der 24-ten Oberfläche bis zu der 28-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und zwei positiven Linsen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 entspricht der 29-ten Oberfläche bis zu der 44-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und sechs positiven Linsen.

[0067] Werte, die den Bedingungsausdrücken von Ausführungsbeispiel 5 entsprechen, sind in Tabelle 1 gezeigt. Ausführungsbeispiel 5 erfüllt alle Bedingungsausdrücke (1) bis (9), und erzielt eine zufriedenstellende optische Leistungsfähigkeit, während die hohe Vergrößerung mit einem kompakten und leichtgewichtigen Zoomobjektiv erzielt wird.

Ausführungsbeispiel 6

[0068] Ein Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 6 der vorliegenden Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 11**, **Fig. 12A**, **Fig. 12B** und **Fig. 12C** genau beschrieben.

[0069] Das Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 6 besteht in einer Reihenfolge von der Gegenstandsseite zu der Bildseite aus einer vorderen Linseneinheit L1 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen, einer Zwischenlinseneinheit L2 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich in Richtung einer Seite einer Bildebene auf der optischen Achse zur Durchführung eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende monoton zu bewegen, einer ersten rückwärtigen Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu einer Zwischenzoomposition zu bewegen, und sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite auf der optischen Achse von der Zwischenzoomposition zu dem Teleobjektivende zu bewegen, einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende zu bewegen, und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit L5 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 umfasst eine Blende SP, die am nächsten zu der Gegenstandsseite ist. Eine Bildaufnahmeoberfläche ist durch I bezeichnet.

[0070] Die vordere Linseneinheit L1 besteht aus einer ersten Linsenuntereinheit L11 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linsenuntereinheit L12 mit einer positiven Brechkraft, und einer dritten Linsenuntereinheit L13 mit einer positiven Brechkraft. Die zweite Linsenuntereinheit L12 wird veranlasst, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite zu bewegen, und die dritte Linsenuntereinheit L13 wird dazu veranlasst, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite zu bewegen, um dadurch auf einen Gegenstand in einem kurzen Abstand zu fokussieren.

[0071] Die vordere Linseneinheit L1 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 12-ten Oberfläche, und besteht aus sechs Linsen. Die erste Linsenuntereinheit L11 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 6-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und zwei positiven Linsen. Die zweite Linsenuntereinheit L12 entspricht der 7-ten Oberfläche bis zu der 10-ten Oberfläche, und besteht aus zwei positiven Linsen. Die dritte Linsenuntereinheit L13 entspricht der 11-ten Oberfläche und der 12-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse.

[0072] Die Zwischenlinseneinheit L2 entspricht der 13-ten Oberfläche bis zu der 19-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und einer positiven Linse. Die erste rückwärtige Linseneinheit L3 entspricht der 20-ten Oberfläche bis zu der 22-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite rückwärtige Linseneinheit L4 entspricht der 23-ten Oberfläche bis zu der 27-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und zwei positiven Linsen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 entspricht der 25-ten Oberfläche bis zu der 38-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und fünf positiven Linsen.

[0073] Werte, die den Bedingungsausdrücken von Ausführungsbeispiel 6 entsprechen, sind in Tabelle 1 gezeigt. Ausführungsbeispiel 6 erfüllt alle Bedingungsausdrücke (1) bis (9), und erzielt eine zufriedenstellende optische Leistungsfähigkeit, während die hohe Vergrößerung mit einem kompakten und leichtgewichtigen Zoomobjektiv erzielt wird.

Ausführungsbeispiel 7

[0074] Ein Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 7 der vorliegenden Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 13**, **Fig. 14A**, **Fig. 14B** und **Fig. 14C** genau beschrieben.

[0075] Das Zoomobjektiv gemäß Ausführungsbeispiel 7 besteht in einer Reihenfolge von der Gegenstandsseite zu der Bildseite aus einer vorderen Linseneinheit L1 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen, einer Zwischenlinseneinheit L2 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich in Richtung einer Seite einer Bildebene auf der optischen Achse zur Durchführung eines Zoomens von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende monoton zu bewegen, einer ersten rückwärtigen Linseneinheit L3 mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu einer Zwischenzoomposition zu bewegen, und sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite auf der optischen Achse von der Zwischenzoomposition zu dem Teleobjektivende zu bewegen, einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit L4 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich auf der optischen Achse von dem Weitwinkelende zu dem Teleobjektivende zu bewegen, und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit L5 mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 umfasst eine Blende SP, die am nächsten zu der Gegenstandsseite ist. Eine Bildaufnahmeoberfläche ist durch I bezeichnet. Die Zwischenlinseneinheit L2 besteht aus einer ersten Zwischenlinseneinheit L21 mit einer negativen Brechkraft, und einer zweiten Zwischenlinseneinheit L22 mit einer negativen Brechkraft, und ist dazu eingerichtet, sich zu bewegen, während ein Intervall zwischen der ersten Zwischenlinseneinheit L21 und der zweiten Zwischenlinseneinheit L22 von einem Weitwinkelende zu einem Teleobjektivende geändert wird.

[0076] Die vordere Linseneinheit L1 besteht aus einer ersten Linsenuntereinheit L11 mit einer negativen Brechkraft, einer zweiten Linsenuntereinheit L12 mit einer positiven Brechkraft, einer dritten Linsenuntereinheit L13 mit einer negativen Brechkraft und einer vierten Linsenuntereinheit L14 mit einer positiven Brechkraft. Die zweite Linsenuntereinheit L12 wird dazu veranlasst, sich von der Gegenstandsseite in Richtung der Bildseite zu bewegen, und die vierte Linsenuntereinheit L14 wird dazu veranlasst, sich von der Bildseite in Richtung der Gegenstandsseite zu bewegen, um dadurch auf einen Gegenstand in einem kurzen Abstand zu fokussieren.

[0077] Die vordere Linseneinheit L1 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus sieben Linsen. Die erste Linsenuntereinheit L11 entspricht der 1-ten Oberfläche bis zur 4-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite Linsenuntereinheit L12 entspricht der 5-ten Oberfläche und der 6-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse. Die dritte Linsenuntereinheit L13 entspricht der 7-ten Oberfläche bis zu der 9-ten Oberfläche, und besteht aus einer positiven Linse und einer negativen Linse. Die vierte Linsenuntereinheit L14 entspricht der 10-ten Oberfläche bis zu der 13-ten Oberfläche, und besteht aus zwei positiven Linsen.

[0078] Die Zwischenlinseneinheit L2 entspricht der 14-ten Oberfläche bis zu der 20-ten Oberfläche, und besteht aus der ersten Zwischenlinseneinheit L21 und der zweiten Zwischenlinseneinheit L22. Die erste Zwischenlinseneinheit L21 entspricht der 14-ten Oberfläche bis zu der 18-ten Oberfläche, und besteht aus zwei negativen Linsen und einer positiven Linse. Die zweite Zwischenlinseneinheit L22 entspricht der 19-ten Oberfläche und der 20-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse. Die erste rückwärtige Linseneinheit L3 entspricht der 21-ten Oberfläche bis zu der 23-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die zweite rückwärtige Linseneinheit L4 entspricht der 24-ten Oberfläche bis zu der 28-ten Oberfläche, und besteht aus einer negativen Linse und zwei positiven Linsen. Die dritte rückwärtige Linseneinheit L5 entspricht der 29-ten Oberfläche bis zu der 44-ten Oberfläche, und besteht aus drei negativen Linsen und sechs positiven Linsen.

[0079] Werte, die den Bedingungsausdrücken von Ausführungsbeispiel 7 entsprechen, sind in Tabelle 1 gezeigt. Eine Brennweite der Zwischenlinseneinheit L2 ist eine kombinierte Brennweite der ersten Zwischenlinseneinheit L21 und der zweiten Zwischenlinseneinheit L22 an dem Weitwinkelende, und ist -18,5 mm. Ausführungsbeispiel 7 erfüllt alle der Bedingungsausdrücke (1) bis (9), und erzielt eine zufriedenstellende optische Leistungsfähigkeit, während die optische Vergrößerung mit einem kompakten und leichtgewichtigen Zoomobjektiv erzielt wird.

[0080] Die exemplarischen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung wurden vorstehend beschrieben, jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele begrenzt, und kann innerhalb des Umfangs des Geistes der Erfindung verschiedentlich abgewandelt und geändert werden.

[0081] Nachstehend sind numerische Ausführungsbeispiele gezeigt, die den Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung entsprechen. In jedem der numerischen Ausführungsbeispiele stellt ein Symbol „i“ die Nummer einer Oberfläche von der Gegenstandsseite aus dar, ein Symbol „r_i“ stellt einen Krümmungsradius der i-ten Oberfläche von der Gegenstandsseite aus dar, ein Symbol „d_i“ stellt ein Intervall zwischen der i-ten Oberfläche und der (i+1)-ten Oberfläche von der Gegenstandsseite aus dar, und Symbole „n_{d_i}“, „v_{d_i}“ und „θ_{gFi}“ stellen jeweils einen Brechungsindex, eine Abbe-Zahl und ein Teildispersionsverhältnis eines optischen Bauelements zwischen der i-ten Oberfläche und der (i+1)-ten Oberfläche dar. Ein Symbol „BF“ stellt einen luftäquivalenten rückwärtigen Fokus dar. Die letzten drei Oberflächen entsprechen einem Glasblock, beispielsweise einem Filter.

[0082] Falls eine X-Achse in der Richtung der optischen Achse eingestellt ist, ist eine H-Achse in einer Richtung senkrecht zu der optischen Achse eingestellt, eine Ausbreitungsrichtung von Licht ist als positiv definiert, ein paraxialer Krümmungsradius ist durch R dargestellt, eine konische Konstante ist durch „k“ dargestellt und asphärische Koeffizienten sind durch A4, A6, A8, A10, A12, A14, und A16 dargestellt, wobei die asphärische Form durch die nachstehende Gleichung ausgedrückt ist. „e-z“ stellt ferner „×10^{-z}“ dar.

$$X = \frac{H^2 I R}{1 + \sqrt{1 - (1 + k)(H I R)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10} + A12H^{12} + A14H^{14} + A16H^{16}$$

<Numerisches Ausführungsbeispiel 1>

Einheit: mm

Oberflächennummer	r	d	nd	vd	θ _{gF}	Brennweite
1	-167,13232	2,80000	1,749505	35,33	0,5818	-104,771
2	151,08605	1,59677				
3	154,01861	5,33115	1,959060	17,47	0,6598	292,268
4	330,70825	3,62180				
5	594,57929	11,14451	1,603112	60,64	0,5415	186,151
6	-138,09196	8,87620				
7	154,48815	2,50000	1,846660	23,78	0,6205	-202,140
8	80,96588	9,29853	1,438750	94,66	0,5340	218,458
9	496,35864	6,12189				
10	126,60002	10,00578	1,433870	95,10	0,5373	198,665

Einheit: mm

Oberflächennum-
mer

	r	d	nd	vd	θgF	Brennweite
11	-265,68737	0,20000				
12	67,44222	9,48829	1,595220	67,74	0,5442	139,474
13	335,46222	(Variabel)				
14	155,82298	0,95000	1,755000	52,32	0,5474	-26,352
15	17,66769	7,55810				
16	-31,69279	0,75000	1,496999	81,54	0,5375	-44,294
17	73,35231	5,79863	1,800000	29,84	0,6017	24,055
18	-25,43887	0,93996				
19	-21,64494	1,20000	1,763850	48,49	0,5589	-30,813
20	-261,20188	(Variabel)				
21	-67,68553	4,15111	1,808095	22,76	0,6307	72,034
22	-32,33599	1,10000	1,905250	35,04	0,5848	-46,252
23	-141,10373	(Variabel)				
24	76,97248	7,28984	1,639999	60,08	0,5370	53,400
25	-59,61422	0,19065				
26	60,58535	1,10000	1,854780	24,80	0,6122	-120,827
27	37,99653	5,40884	1,487490	70,23	0,5300	95,859
28	190,98280	(Variabel)				
29	0,00000	2,07412				
30	-27250,41983	4,98126	1,487490	70,23	0,5300	100,750
31	-49,19537	1,20000	2,001000	29,14	0,5997	-36,979
32	156,42440	0,69270				
33	93,12560	5,55019	1,728250	28,46	0,6077	61,043
34	-84,23585	43,77045				
35	73,82797	6,99762	1,438750	94,66	0,5340	78,962
36	-63,68762	0,94954				
37	52,06539	8,48906	1,808095	22,76	0,6307	32,935
38	-51,53334	0,90000	1,953750	32,32	0,5905	-25,027
39	45,46110	5,00249				
40	46,47962	8,75574	1,487490	70,23	0,5300	40,609
41	-32,54260	1,00000	2,001000	29,14	0,5997	-19,968
42	53,73204	1,35581				
43	43,57517	7,71665	1,620041	36,26	0,5879	46,474
44	-80,83264	43,38000				

Bildebene

∞

Asphärische Oberflächendaten Sechste Oberfläche

K=-1,51267e+001

A4=-6,49448e-007

A6=2,35413e-010

A8=-9,02147e-014

A10=2,62134e-017

A12=-3,74536e-021

Zwanzigste Oberfläche

K=3,72020e+001 A4 = -9,83020e-006 A6=-4,95860e-009 A8=-2,35672e-011
 A10=5,83243e-014 A12=-2,06036e-016

Vierundzwanzigste Oberfläche

K=-1,45023e+000 A4=-1,99598e-006 A6=6,26743e-010 A8=8,22589e-013
 A10=-4,34519e-015 A12=5,01150e-018

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	9,62				
Brennweite	25,99	49,06	77,47	177,00	249,99
F-Zahl	2,74	2,74	2,73	2,74	3,67
Halber Sichtwinkel	29,65	16,79	10,82	4,78	3,39
Bildhöhe	14,80	14,80	14,80	14,80	14,80
Gesamte Objektlänge	312,28	312,28	312,28	312,28	312,28
BF	43,38	43,38	43,38	43,38	43,38
d13	0,99	21,33	34,04	48,67	51,84
d20	54,15	17,22	4,53	2,21	2,01
d23	0,91	14,14	18,11	8,55	0,97
d28	5,99	9,35	5,35	2,61	7,22

Zoomlinseneinheitsdaten

Einheit	Erste Oberfläche	Brennweite
1	1	80,63
2	14	-18,55
3	21	-119,24
4	24	47,73
5	29	122,66

<Numerisches Ausführungsbeispiel 2>

Einheit: mm Oberflächen- nummer	r	d	nd	vd	θ_{gF}	Brennweite
1	-174,44713	3,50000	1,673000	38,26	0,5757	-120,260
2	153,97756	13,52357				
3	-155,81140	4,24581	1,433870	95,10	0,5373	1981,949
4	-133,05063	0,20000				
5	210,57057	12,84729	1,433870	95,10	0,5373	191,506
6	-135,26466	9,47969				
7	169,16697	8,10824	1,433870	95,10	0,5373	287,100
8	-470,04348	-0,36686				
9	118,33069	7,66664	1,433870	95,10	0,5373	260,021
10	-2507,61134	0,32183				

Einheit: mm
Oberflächen-
nummer

	r	d	nd	vd	θ_{gF}	Brennweite
11	75,69552	7,25716	1,438750	94,66	0,5340	223,156
12	321,10645	(Variabel)				
13	218,47799	1,30000	2,000690	25,46	0,6133	-23,375
14	21,24159	6,21064				
15	-39,62224	1,10000	1,696797	55,53	0,5434	-24,744
16	31,10792	6,62281	1,854780	24,80	0,6122	18,621
17	-29,95590	1,76093				
18	-23,58238	1,10000	1,729157	54,68	0,5444	-44,085
19	-89,20868	(Variabel)				
20	-51,11450	1,30000	1,882997	40,76	0,5667	-45,959
21	205,06221	2,86492	1,959060	17,47	0,6598	110,954
22	-225,86529	(Variabel)				
23	75,72234	6,68565	1,729157	54,68	0,5444	43,021
24	-51,94086	(Variabel)				
25	0,00000	1,98376				
26	316,90994	5,16281	1,496999	81,54	0,5375	83,143
27	-47,41995	1,40000	1,953750	32,32	0,5898	-95,695
28	-99,34837	36,99807				
29	79,54948	5,76096	1,487490	70,23	0,5300	66,145
30	-53,23798	4,59526				
31	62,81674	5,79614	1,540720	47,23	0,5651	45,978
32	-40,14168	1,20000	2,000690	25,46	0,6133	-17,917
33	33,44447	1,92705				
34	36,25507	5,10213	1,487490	70,23	0,5300	62,492
35	-185,85375	17,74395				
36	-132004,53376	1,20000	1,882997	40,76	0,5667	-48,932
37	43,47320	6,13029	1,808095	22,76	0,6307	36,819
38	-91,25475	40,00000				
Bildebene		∞				

Asphärische Oberflächendaten Zwölfte Oberfläche

K=0,00000e+000 A4=6,38519e-008 A6=-7,88128e-012 A8=-5,68076e-015
A10=4,12523e-018

Neunzehnte Oberfläche

K=-9,79176e-001 A4=-6,36288e-006 A6=-3,06175e-009 A8=-1,92956e-010
A10=4,12826e-012 A12=-3,83290e-014 A 14= 1,64257e-016 A16=-2,68157e-019

Dreiundzwanzigste Oberfläche

K=1,29259e+000 A4=-3,83963e-006 A6=7,01924e-010 A8=8,61632e-012

A10=-9,42896e-014

A12=4,99889e-016

A14=-1,28949e-018

A 16= 1,27458e-021

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	10,00				
Brennweite	22,00	41,91	69,14	166,00	220,00
F-Zahl	2,80	2,80	2,80	2,80	3,70
Halber Sichtwinkel	33,93	19,45	12,08	5,09	3,85
Bildhöhe	14,80	14,80	14,80	14,80	14,80
Gesamte Objektivlänge	293,81	293,81	293,81	293,81	293,81
BF	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
d12	1,49	24,06	38,17	54,75	57,93
d19	59,74	26,23	10,28	1,44	1,75
d22	0,93	8,14	11,48	5,97	0,84
d24	0,92	4,66	3,15	0,91	2,57

Zoomlinseneinheitsdaten

Einheit	Erste Oberfläche	Brennweite
1	1	78,40
2	13	-20,20
3	20	-79,99
4	23	43,02
5	25	112,67

<Numerisches Ausführungsbeispiel 3>

Einheit: mm Oberflächen- Nummer	r	d	nd	vd	θgF	Brennweite
1	-187,34760	2,80000	1,749505	35,33	0,5818	-107,077
2	142,96567	1,81242				
3	145,78560	5,08914	1,959060	17,47	0,6598	296,506
4	289,97743	5,71212				
5	1169,20294	9,58239	1,603112	60,64	0,5415	211,870
6	-143,64819	10,44174				
7	168,49773	2,50000	1,846660	23,78	0,6205	-216,746
8	87,65240	9,02708	1,438750	94,66	0,5340	231,430
9	611,01826	6,72074				
10	130,68204	10,23282	1,433870	95,10	0,5373	201,316
11	-259,09528	0,20000				
12	71,70856	9,62572	1,595220	67,74	0,5442	152,849
13	317,41519	(Variabel)				
14	150,88747	0,95000	1,755000	52,32	0,5474	-28,632
15	18,93201	7,60525				
16	-32,68846	0,75000	1,496999	81,54	0,5375	-46,098

Einheit: mm
Oberflächen-
Nummer

	r	d	nd	vd	$\theta_g F$	Brennweite
17	77,93971	6,52518	1,800000	29,84	0,6017	25,743
18	-27,23537	1,21261				
19	-22,74888	1,00000	1,763850	48,49	0,5589	-32,488
20	-264,15633	(Variabel)				
21	-68,87046	4,20855	1,808095	22,76	0,6307	71,658
22	-32,50154	1,00000	1,905250	35,04	0,5848	-46,021
23	-146,51296	(Variabel)				
24	0,00000	0,89557				
25	71,56910	7,34886	1,595220	67,74	0,5442	55,933
26	-60,25431	0,18000				
27	307,27308	1,10000	1,854780	24,80	0,6122	-151,569
28	91,58825	3,98863	1,487490	70,23	0,5300	160,510
29	-542,09458	(Variabel)				
30	64,47382	1,20000	2,001000	29,14	0,5997	-139,179
31	43,77557	1,50078				
32	44,10098	6,44967	1,487490	70,23	0,5300	80,357
33	-344,16015	42,86354				
34	445,95144	7,74046	1,438750	94,66	0,5340	93,468
35	-45,04750	0,91674				
36	198,82053	8,96132	1,808095	22,76	0,6307	32,999
37	-30,53292	0,90000	1,953750	32,32	0,5905	-28,016
38	230,49349	3,26071				
39	57,82481	8,84840	1,487490	70,23	0,5300	45,646
40	-34,54381	1,00000	2,001000	29,14	0,5997	-20,799
41	54,26724	0,98270				
42	45,86785	7,96685	1,647689	33,79	0,5938	46,466
43	-83,20366	42,45000				

Bildebene

∞

Asphärische Oberflächendaten Sechste Oberfläche

K=-1,38433e+001 A4=-5,43792e-007 A6=1,69049e-010 A8=-6,26109e-014
A10=1,88611e-017 A12=-2,80918e-021

Zwanzigste Oberfläche

K=-1,16037e+003 A4=-1,59352e-005 A6=4,37497e-008 A8=-2,59520e-010
A10=8,02872e-013 A12=-1,14954e-015

Fünfundzwanzigste Oberfläche

K=-1,35953e+000 A4 = -2,53573e-006 A6= 1,02275e-009 A8=-1,41297e-013
A10=-1,81339e-015 A12=2,38517e-018

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	9,62				
Brennweite	26,00	48,66	78,18	179,50	250,00
F-Zahl	2,74	2,74	2,73	2,74	3,67
Halber Sichtwinkel	29,65	16,92	10,72	4,71	3,39
Bildhöhe	14,80	14,80	14,80	14,80	14,80
Gesamte Objektivlänge	313,57	313,57	313,57	313,57	313,57
BF	42,45	42,45	42,45	42,45	42,45
d13	0,99	23,94	38,28	54,79	58,36
d20	54,43	16,56	3,42	2,53	2,42
d23	0,97	14,54	18,57	8,34	1,00
d29	11,63	12,97	7,74	2,36	6,23

Zoomlinseneinheitendaten

Einheit	Erste Oberfläche	Brennweite
1	1	86,85
2	14	-19,60
3	21	-118,82
4	24	57,07
5	30	105,67

<Numerisches Ausführungsbeispiel 4>

Einheit: mm Oberflächen- nummer	r	d	nd	vd	$\theta_g F$	Brennweite
1	-255,86413	2,70000	1,749505	35,33	0,5818	-110,462
2	124,17450	1,26279				
3	130,00399	5,33282	1,959060	17,47	0,6598	294,334
4	233,48777	1,62820				
5	154,36409	11,97476	1,603112	60,64	0,5415	154,691
6	-231,21832	9,64989				
7	172,78328	2,40000	1,854780	24,80	0,6122	-132,803
8	68,45633	10,53411	1,438750	94,66	0,5340	171,474
9	706,17494	5,91133				
10	94,33991	9,64128	1,433870	95,10	0,5373	190,503
11	-659,90884	0,20000				
12	81,76972	8,31624	1,763850	48,49	0,5589	120,455
13	675,92070	(Variabel)				
14	421,09085	0,90000	1,763850	48,49	0,5589	-23,353
15	17,17801	6,33773				
16	-43,66234	0,75000	1,763850	48,49	0,5589	-26,795
17	39,17645	6,47622	1,854780	24,80	0,6122	18,629
18	-25,17447	1,16499				

Einheit: mm
Oberflächen-
nummer

	r	d	nd	vd	θgF	Brennweite
19	-20,98153	1,00000	1,800999	34,97	0,5864	-30,369
20	-149,55113	(Variabel)				
21	-49,60980	1,30000	1,891900	37,13	0,5780	-39,180
22	122,30096	3,83215	1,892860	20,36	0,6393	76,758
23	-157,65496	(Variabel)				
24	87,52996	6,41298	1,712995	53,87	0,5459	49,334
25	-57,43189	0,19184				
26	47,43691	1,10000	1,854780	24,80	0,6122	-140,672
27	33,74148	6,22171	1,438750	94,66	0,5340	88,274
28	243,05560	(Variabel)				
29	0,00000	1,92449				
30	188,98008	7,38626	1,487490	70,23	0,5300	59,402
31	-33,89468	1,80000	2,001000	29,14	0,5997	-26,273
32	124,97658	6,10135				
33	121,55348	6,54314	1,673000	38,26	0,5757	49,997
34	-45,90760	40,35933				
35	61,41162	5,37641	1,808095	22,76	0,6307	63,353
36	-314,96876	9,41686				
37	97,49028	6,23976	1,567322	42,82	0,5731	57,848
38	-48,72723	1,10000	1,953750	32,32	0,5905	-23,713
39	43,25967	3,22467				
40	69,47495	9,81876	1,438750	94,66	0,5340	37,188
41	-20,47123	1,10000	1,882997	40,76	0,5667	-26,019
42	-183,89126	0,28892				
43	87,99168	9,14560	1,438750	94,66	0,5340	53,399
44	-31,02338	38,79000				
Bildebene	∞					

Asphärische Oberflächendaten Sechste Oberfläche

K=3,82270e-001 A4= 1,40190e-007 A6=-1,13514e-011 A8=6,54402e-015
A10=-3,13083e-018 A12=4,10027e-022

Zwanzigste Oberfläche

K=9,73806e+001 A4 = -7,65768e-006 A6= 1,94257e-010 A8=-1,69439e-011
A10=2,00669e-013 A12=4,14074e-017

Vierundzwanzigste Oberfläche

K=-3,64431e+000 A4=-1,81921e-006 A6=1,13583e-009 A8=9,03131e-013
A10=-7,37879e-015 A 12= 1,02297e-017

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	9,62				
Brennweite	26,00	49,96	80,96	179,00	250,00
F-Zahl	3,12	3,12	3,12	3,11	3,67
Halber Sichtwinkel	29,65	16,50	10,36	4,73	3,39
Bildhöhe	14,80	14,80	14,80	14,80	14,80
Gesamte Objektivlänge	309,00	309,00	309,00	309,00	309,00
BF	38,79	38,79	38,79	38,79	38,79
d13	1,28	19,85	31,46	44,68	47,70
d20	48,44	16,88	4,34	2,24	2,22
d23	0,83	9,94	13,37	6,56	1,01
d28	4,60	8,48	5,98	1,67	4,22

Zoomlinseneinheitsdaten

Einheit	Erste Oberfläche	Brennweite
1	1	77,00
2	14	-16,58
3	21	-83,06
4	24	40,81
5	29	112,51

<Numerisches Ausführungsbeispiel 5>

Einheit: mm Oberflächen- nummer	r	d	nd	vd	$\theta_g F$	Brennweite
1	-747,20065	2,80000	1,749505	35,33	0,5818	-142,472
2	125,76631	3,04163				
3	121,09795	6,02468	1,959060	17,47	0,6598	264,861
4	223,06898	4,38288				
5	161,14810	10,07838	1,603112	60,64	0,5415	216,879
6	-692,64259	6,22734				
7	156,14061	2,50000	1,846660	23,78	0,6205	-145,489
8	68,72614	16,31807	1,438750	94,66	0,5340	151,277
9	-1940,20499	9,23760				
10	104,43028	7,81108	1,433870	95,10	0,5373	339,747
11	347,95507	0,20000				
12	88,69410	12,35131	1,618000	63,33	0,5441	127,230
13	-678,31970	(Variabel)				
14	-220,59403	0,95000	1,729157	54,68	0,5444	-22,667
15	17,98371	6,86337				
16	-44,24768	0,75000	1,496999	81,54	0,5375	-57,925
17	83,56418	5,64024	1,854780	24,80	0,6122	23,601
18	-26,08595	0,64937				

Einheit: mm
Oberflächen-
nummer

	r	d	nd	vd	$\theta_g F$	Brennweite
19	-24,20632	1,20000	1,905250	35,04	0,5848	-27,801
20	-555,43231	(Variabel)				
21	-84,94583	3,38351	1,808095	22,76	0,6307	102,855
22	-42,98470	1,10000	1,905250	35,04	0,5848	-64,784
23	-159,97973	(Variabel)				
24	59,28924	7,27257	1,729157	54,68	0,5444	48,425
25	-83,67130	0,19901				
26	97,62537	1,10000	1,854780	24,80	0,6122	-94,834
27	44,28466	5,18910	1,438750	94,66	0,5340	112,623
28	402,63387	(Variabel)				
29	0,00000	1,96770				
30	304,01812	5,92985	1,438750	94,66	0,5340	86,166
31	-43,04074	1,20000	2,001000	29,14	0,5997	-42,641
32	177227,77068	0,61060				
33	192,96680	5,16902	1,761821	26,52	0,6136	63,091
34	-64,01197	39,96462				
35	-67,90265	3,35345	1,438750	94,66	0,5340	208,962
36	-39,64136	0,97072				
37	51,31321	8,39605	1,808095	22,76	0,6307	29,095
38	-40,97481	0,90000	1,953750	32,32	0,5905	-21,269
39	41,20013	2,94718				
40	55,29251	9,36046	1,531717	48,84	0,5631	34,007
41	-25,46809	1,00000	2,000690	25,46	0,6133	-24,261
42	659,07832	0,16111				
43	66,16236	6,42366	1,620041	36,26	0,5879	53,988
44	-66,09475	41,30000				
Bildebene	∞					

Asphärische Oberflächendaten Sechste Oberfläche

K=-4,47183e+002 A4=-3,41573e-008 A6=6,95903e-011 A8=-3,01106e-014
A10=8,74198e-018 A12=-1,16539e-021

Zwanzigste Oberfläche

K=1,24103e+003 A4=-8,60519e-006 A6=-8,07178e-009 A8=3,65073e-011
A10=-3,13090e-013 A12=5,43073e-016

Vierundzwanzigste Oberfläche

K=-6,30935e-001 A4=-2,19754e-006 A6=4,97043e-010 A8=8,18618e-013
A10=-3,31318e-015 A12=3,46072e-018

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	10,00				
Brennweite	30,00	53,71	83,51	225,00	300,00
F-Zahl	2,73	2,74	2,73	2,74	3,65
Halber Sichtwinkel	26,26	15,41	10,05	3,76	2,82
Bildhöhe	14,80	14,80	14,80	14,80	14,80
Gesamte Objektivlänge	309,35	309,35	309,35	309,35	309,35
BF	41,30	41,30	41,30	41,30	41,30
d13	1,73	21,15	33,29	48,27	50,28
d20	48,09	13,04	2,61	3,20	1,86
d23	3,61	20,50	24,21	8,04	0,99
d28	11,00	9,74	4,32	4,92	11,31

Zoomlinseneinheitendaten

Einheit	Erste Oberfläche	Brennweite
1	1	85,81
2	14	-17,42
3	21	-166,06
4	24	52,06
5	29	118,97

<Numerisches Ausführungsbeispiel 6>

Einheit: mm Oberflächennummer	r	d	nd	vd	$\theta_g F$	Brennweite
1	-197,46263	3,50000	1,673000	38,26	0,5757	-133,870
2	168,79224	2,86612				
3	252,80636	9,93371	1,433870	95,10	0,5373	283,184
4	-237,35006	0,20000				
5	246,56553	9,22598	1,433870	95,10	0,5373	299,033
6	-272,16206	11,68863				
7	154,71924	6,25632	1,433870	95,10	0,5373	454,775
8	701,55585	-0,09379				
9	149,56789	9,09653	1,433870	95,10	0,5373	264,106
10	-486,12842	0,46813				
11	92,97178	7,00797	1,595220	67,74	0,5442	223,941
12	296,27670	(Variabel)				
13	1907,44452	1,30000	1,953750	32,32	0,5898	-22,657
14	21,51475	5,98948				
15	-42,14301	1,10000	1,496999	81,54	0,5375	-38,995
16	36,38998	5,50233	1,854780	24,80	0,6122	20,826
17	-33,01640	1,08048				
18	-28,21283	1,10000	1,882997	40,76	0,5667	-33,453
19	-569,66975	(Variabel)				

Einheit: mm Ober- flächennummer	r	d	nd	vd	θgF	Brennweite
20	-57,11300	1,30000	1,816000	46,62	0,5568	-62,427
21	499,65237	2,24920	1,959060	17,47	0,6598	178,479
22	-265,11503	(Variabel)				
23	77,28192	6,38615	1,729157	54,68	0,5444	48,666
24	-63,83181	0,18000				
25	134,47946	1,10000	1,854780	24,80	0,6122	-170,085
26	69,91155	4,78607	1,487490	70,23	0,5300	115,164
27	-283,50046	(Variabel)				
28	0,00000	14,12157				
29	-480,27321	4,22641	1,496999	81,54	0,5375	97,192
30	-44,13583	1,40000	1,953750	32,32	0,5898	-111,148
31	-76,39909	36,99103				
32	125,95467	5,44342	1,531717	48,84	0,5631	71,858
33	-54,39829	1,15328				
34	49,00772	7,06779	1,518229	58,90	0,5457	45,071
35	-42,75283	1,20000	2,000690	25,46	0,6133	-19,416
36	36,73612	1,88528				
37	35,81354	4,45132	1,487490	70,23	0,5300	86,256
38	227,22313	8,02559				
39	-20501,53027	1,20000	1,882997	40,76	0,5667	-34,193
40	30,41464	7,83534	1,808095	22,76	0,6307	28,487
41	-87,39518	40,00000				
Bildebene	∞					

Asphärische Oberflächendaten

Zwölfte Oberfläche

K=0,00000e+000	A4=3,63112e-008	A6=-5,38613e-012	A8= 2,23842e-016
A10=6,02800e-020			

Neunzehnte Oberfläche

K=2,91144e-001	A4 = -5,70922e-006	A6 = 2,85087e-008	A8=-1,13749e-009
A10=2,01106e-011	A12=-1,87625e-013	A14=8,79558e-016	A16=-1,63214e-018

Dreiundzwanzigste Oberfläche

K=2,00155e+000	A4=-3,18694e-006	A6= 1,67700e-010	A8=9,53920e-012
A10=-7,94125e-014	A12=3,34689e-016	A14=-7,06581e-019	A16=5,85971e-022

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	12,00				
Brennweite	25,00	48,64	80,68	166,00	300,00
F-Zahl	2,80	2,80	2,80	2,80	4,00

Halber Sichtwinkel	30,63	16,92	10,39	5,09	2,82
Bildhöhe	14,80	14,80	14,80	14,80	14,80
Gesamte Objektlänge	297,20	297,20	297,20	297,20	297,20
BF	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
d12	1,49	25,82	41,03	55,91	62,32
d19	62,38	25,13	8,31	0,88	0,81
d22	0,83	11,09	16,03	12,24	0,71
d27	5,28	7,94	4,60	0,95	6,14

Zoomlinseneinheitsdaten

Einheit	Erste Oberfläche	Brennweite
1	1	91,29
2	13	-19,35
3	20	-97,17
4	23	43,15
5	28	127,68

<Numerisches Ausführungsbeispiel 7>

Einheit: mm Oberflächen- nummer	r	d	nd	vd	$\theta_g F$	Brennweite
1	-167,13232	2,80000	1,749505	35,33	0,5818	-104,771
2	151,08605	1,59677				
3	154,01861	5,33115	1,959060	17,47	0,6598	292,268
4	330,70825	3,62180				
5	594,57929	11,14451	1,603112	60,64	0,5415	186,151
6	-138,09196	8,87620				
7	154,48815	2,50000	1,846660	23,78	0,6205	-202,140
8	80,96588	9,29853	1,438750	94,66	0,5340	218,458
9	496,35864	6,12189				
10	126,60002	10,00578	1,433870	95,10	0,5373	198,665
11	-265,68737	0,20000				
12	67,44222	9,48829	1,595220	67,74	0,5442	139,474
13	335,46222	(Variabel)				
14	155,82298	0,95000	1,755000	52,32	0,5474	-26,352
15	17,66769	7,55810				
16	-31,69279	0,75000	1,496999	81,54	0,5375	-44,294
17	73,35231	5,79863	1,800000	29,84	0,6017	24,055
18	-25,43887	(Variabel)				
19	-21,64494	1,20000	1,763850	48,49	0,5589	-30,813
20	-261,20188	(Variabel)				
21	-67,68553	4,15111	1,808095	22,76	0,6307	72,034
22	-32,33599	1,10000	1,905250	35,04	0,5848	-46,252
23	-141,10373	(Variabel)				

24	76,97248	7,28984	1,639999	60,08	0,5370	53,400
25	-59,61422	0,19065				
26	60,58535	1,10000	1,854780	24,80	0,6122	-120,827
27	37,99653	5,40884	1,487490	70,23	0,5300	95,859
28	190,98280	(Variabel)				
29	0,00000	2,07412				
30	-27250,41983	4,98126	1,487490	70,23	0,5300	100,750
31	-49,19537	1,20000	2,001000	29,14	0,5997	-36,979
32	156,42440	0,69270				
33	93,12560	5,55019	1,728250	28,46	0,6077	61,043
34	-84,23585	43,77045				
35	73,82797	6,99762	1,438750	94,66	0,5340	78,962
36	-63,68762	0,94954				
37	52,06539	8,48906	1,808095	22,76	0,6307	32,935
38	-51,53334	0,90000	1,953750	32,32	0,5905	-25,027
39	45,46110	5,00249				
40	46,47962	8,75574	1,487490	70,23	0,5300	40,609
41	-32,54260	1,00000	2,001000	29,14	0,5997	-19,968
42	53,73204	1,35581				
43	43,57517	7,71665	1,620041	36,26	0,5879	46,474
44	-80,83264	43,38000				

Asphärische Oberflächendaten Sechste Oberfläche

K=-1,51267e+001	A4 = -6,49448e-007	A6=2,35413e-010	A8=-9,02147e-014
A10=2,62134e-017	A12=-3,74536e-021		

Zwanzigste Oberfläche

K=3,72020e+001	A4 = -9,83020e-006	A6=-4,95860e-009	A8=-2,35672e-011
A10=5,83243e-014	A12=-2,06036e-016		

Vierundzwanzigste Oberfläche

K=-1,45023e+000	A4=-1,99598e-006	A6=6,26743e-010	A8=8,22589e-013
A10=-4,34519e-015	A12=5,01150e-018		

Verschiedene Daten

Zoomverhältnis	9,62				
Brennweite	25,99	49,13	77,97	177,00	250,00
F-Zahl	2,74	2,73	2,74	2,74	3,67
Halber Sichtwinkel	29,65	16,76	10,75	4,78	3,39
Bildhöhe	14,80	14,80	14,80	14,80	14,80
Gesamte Objektivlänge	312,28	312,28	312,28	312,28	312,28
BF	43,38	43,38	43,38	43,38	43,38
d13	0,99	21,33	34,05	48,68	51,85

	Zoomverhältnis	9,62				
d18		0,94	0,94	0,96	0,95	0,90
d20		54,15	17,05	3,80	2,37	2,01
d23		0,91	14,22	18,48	8,46	0,97
d28		5,99	9,43	5,69	2,52	7,25

Zoomlinseneinheitsdaten

Einheit	Erste Oberfläche	Brennweite
1	1	80,63
21	14	-176,98
22	19	-30,81
3	21	-119,24
4	24	47,73
5	29	122,66

Tabelle 1

		Ausführungsbeispiel						
Bedingungsausdruck		1	2	3	4	5	6	7
(1)	f1/f2	-4,35	-3,88	-4,43	-4,64	-4,93	-4,72	-4,35
(2)	ft/f 1	3,10	2,81	2,88	3,25	3,50	3,29	3,10
(3)	f3/f2	6,43	3,96	6,06	5,01	9,53	5,02	6,43
(4)	fA/fw	1,84	1,96	2,20	1,57	1,74	1,73	1,84
(5)	fA/f2	-2,57	-2,13	-2,91	-2,46	-2,99	-2,23	-2,57
(6)	fA1/fA	1,12	1,00	0,98	1,21	0,93	1,13	1,12
(7)	($\theta_{2n}-\theta_{2p}$) /(v2n-v2p)	-0,0017	-0,0022	-0,0017	-0,0023	-0,0018	-0,0018	-0,0017
(8)	f21/f2	1,42	1,16	1,46	1,41	1,30	1,17	1,42
(9)	v3n/v3p	1,54	2,33	1,54	1,82	1,54	2,67	1,54
	fw	26,00	22,00	26,00	26,00	30,00	25,00	26,00
	ft	249,99	220,00	250,00	250,00	300,00	300,00	249,99
	f1	80,63	78,40	86,85	77,00	85,81	91,29	80,63
	f2	-18,55	-20,20	-19,60	-16,58	-17,42	-19,35	-18,55
	f3	-119,24	-79,99	-118,82	-83,06	-166,06	-97,17	-119,24
	fA	47,73	43,02	57,07	40,81	52,06	43,15	47,73
	f21	-26,35	-23,37	-28,63	-23,35	-22,67	-22,66	-26,35
	fA 1	53,40	43,02	55,93	49,33	48,42	48,67	53,40
	v2n	60,78	45,22	60,78	43,98	57,09	51,54	60,78
	v2p	29,84	24,80	29,84	24,80	24,80	24,80	29,84
	θ_{2n}	0,55	0,57	0,55	0,57	0,56	0,56	0,55
	θ_{2p}	0,60	0,61	0,60	0,61	0,61	0,61	0,60
	v3p	22,76	17,47	22,76	20,36	22,76	17,47	22,76
	v3n	35,04	40,76	35,04	37,13	35,04	46,62	35,04

[0083] Fig. 15 zeigt eine schematische Darstellung eines Hauptteils eines Bildaufnahmeegeräts unter Verwendung des Zoomobjektivs gemäß einem der Ausführungsbeispiele 1 bis 7 als ein fotografisches optisches System. In Fig. 15 sind das Zoomobjektiv gemäß einem der Ausführungsbeispiele 1 bis 7, das durch 101 bezeichnet ist, und eine Kamera 124 veranschaulicht. Das Zoomobjektiv 101 ist dazu eingerichtet, an die Kamera 124 entfernbar anbringbar zu sein. Ein Bildaufnahmeegerät 125 ist durch Anbringen des Zoomobjektivs 101 an die Kamera 124 ausgebildet. Das Zoomobjektiv 101 umfasst eine vordere Linseneinheit F, eine Zwischenlinseneinheit, die aus einer oder zwei Linseneinheiten besteht und insgesamt eine negative Brechkraft aufweist, das dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen, einer ersten rückwärtigen Linseneinheit mit einer negativen Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen, einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. In Fig. 15 sind die Zwischenlinseneinheit, die erste rückwärtige Linseneinheit und die zweite rückwärtige Linseneinheit (Linseneinheiten, die dazu eingerichtet sind, sich für ein Zoomen zu bewegen) als eine Linseneinheit LZ veranschaulicht, und die dritte rückwärtige Linseneinheit, die dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen, ist als eine Linseneinheit R veranschaulicht. Die vordere Linseneinheit F umfasst eine Fokussierungsunterlinseneinheit, die dazu eingerichtet ist, sich auf der optischen Achse für eine Fokussierung zu bewegen.

[0084] Eine Aperturblende SP ist dazu eingerichtet, sich in der Richtung der optischen Achse entlang desselben Ortes wie dem der zweiten rückwärtigen Linseneinheit für ein Zoomen zu bewegen, oder ist in der dritten rückwärtigen Linseneinheit umfasst und ist dazu eingerichtet, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. Antriebsmechanismen 114 und 115 wie etwa Helikoide und Nocken sind dazu eingerichtet, die Fokussirlinseneinheit und die Linseneinheit LZ jeweils in der Richtung der optischen Achse anzutreiben.

[0085] Motoren (Antriebseinheiten) 116 bis 118 sind dazu eingerichtet, jeweils die Antriebsmechanismen 114 und 115, sowie die Aperturblende SP anzutreiben.

[0086] Erfassungseinrichtungen 119 bis 121 wie etwa Encoder, Potentiometer oder FOTOSENSOREN sind dazu eingerichtet, jeweils Positionen der Fokussierungslinseneinheit und der Linseneinheit LZ auf der optischen Achse sowie den Aperturdurchmesser der Aperturblende SP zu erfassen. Die Kamera 124 umfasst einen Glasblock 109, der einem optischen Filter der Kamera 124 entspricht, und ein Bildaufnahmebauelement (fotoelektrisches Umwandlungsbaulement) 110 wie etwa einen CCD-Sensor (bzw. „charge coupled device“-Sensor) oder einen CMOS-Sensor (bzw. „complementary metal oxid semiconductor“-Sensor), das dazu eingerichtet ist, ein durch das Zoomobjektiv 101 ausgebildetes Gegenstandsbild zu empfangen.

[0087] Darüber hinaus sind Zentralverarbeitungseinheiten (CPUs) 111 und 122 dazu eingerichtet, verschiedene Arten von Antrieben der Kamera 124 und des Zoomobjektivs 101 zu steuern. Das Zoomobjektiv gemäß jedem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird auf eine Fernsehkamera gemäß der vorstehenden Beschreibung angewendet, um dadurch das Bildaufnahmeegerät mit einer hohen optischen Leistungsfähigkeit zu erzielen.

[0088] Obgleich die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf exemplarische Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, darf die Erfindung als nicht auf die offenbarten exemplarischen Ausführungsbeispiele begrenzt erachtet werden. Dem Umfang der nachstehenden Patentansprüche muss die weiteste Interpretation zukommen, sodass alle solchen Abwandlungen und äquivalenten Strukturen und Wirkungen umfasst sind.

[0089] Ein Zoomobjektiv ist bereitgestellt, mit in einer Reihenfolge von einer Gegenstandsseite zu einer Bildseite: einer vorderen Linseneinheit, die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen; einer oder zwei Zwischenlinseneinheiten, die insgesamt eine negative Brechkraft aufweisen und dazu eingerichtet sind, sich für ein Zoomen zu bewegen; einer ersten rückwärtigen Linseneinheit, die eine negative Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen; einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit, die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen; und einer dritten rückwärtigen Linseneinheit, die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen. In dem Zoomobjektiv werden alle Intervalle zwischen benachbarten Linseneinheiten für ein Zoomen geändert, und Brennweiten der vorderen Linseneinheit, der einen oder zwei Zwischenlinseneinheiten, der ersten rückwärtigen Linseneinheit und des Zoomobjektivs sind an einem Teleobjektivende geeignet eingestellt.

Patentansprüche

1. Zoomobjektiv, das in einer Reihenfolge von einer Gegenstandsseite zu einer Bildseite hin besteht aus:

einer vorderen Linseneinheit (L1), die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen;

einer oder zwei Zwischenlinseneinheiten (L2), die insgesamt eine negative Brechkraft aufweisen und dazu eingerichtet sind, sich für ein Zoomen zu bewegen;

einer ersten rückwärtigen Linseneinheit (L3), die eine negative Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen;

einer zweiten rückwärtigen Linseneinheit (L4), die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen zu bewegen; und

einer dritten rückwärtigen Linseneinheit (L5), die eine positive Brechkraft aufweist und dazu eingerichtet ist, sich für ein Zoomen nicht zu bewegen,

wobei alle Intervalle zwischen benachbarten Linseneinheiten für ein Zoomen geändert werden, und

wobei die nachstehenden Bedingungsausdrücke erfüllt sind:

$$-6,0 \leq f_1/f_2 \leq -2,5;$$

$$2,8 \leq f_t/f_1 \leq 5,0$$

und

$$3,5 \leq f_3/f_2 \leq 12,0,$$

wobei f_1 eine Brennweite der vorderen Linseneinheit (L1) darstellt, f_2 eine Brennweite der einen oder zwei Zwischenlinseneinheiten (L2) darstellt, f_3 eine Brennweite der ersten rückwärtigen Linseneinheit (L3) darstellt und f_t eine Brennweite des Zoomobjektivs an einem Teleobjektivende darstellt.

2. Zoomobjektiv nach Anspruch 1, wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$1,0 \leq f_A/f_w \leq 3,0,$$

wobei f_A eine Brennweite der zweiten rückwärtigen Linseneinheit (L4) darstellt, und f_w eine Brennweite des Zoomobjektivs an einem Weitwinkelende darstellt.

3. Zoomobjektiv nach Anspruch 1 oder 2, wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$-4,0 \leq f_A/f_2 \leq -1,5,$$

wobei f_A eine Brennweite der zweiten rückwärtigen Linseneinheit (L4) darstellt.

4. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

wobei die zweite rückwärtige Linseneinheit (L4) eine positive Linse als eine Linse umfasst, die am nächsten zu der Gegenstandsseite ist, und

wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$0,7 \leq f_{A1}/f_A \leq 1,5,$$

wobei f_{A1} eine Brennweite der positiven Linse darstellt, und f_A eine Brennweite der zweiten rückwärtigen Linseneinheit (L4) darstellt.

5. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

wobei die eine oder zwei Zwischenlinseneinheiten (L2) zumindest eine negative Linse und zumindest eine positive Linse umfassen, und

wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$-0,003 < (\theta_{2n} - \theta_{2p}) / (v_{2n} - v_{2p}) < -0,0015,$$

wobei v_{2p} einen Durchschnittswert einer Abbe-Zahl von der zumindest einen positiven Linse darstellt, die in der einen oder den zwei Zwischenlinseneinheiten (L2) umfasst ist, θ_{2p} einen Durchschnittswert eines Teildi-

spersionsverhältnisses der zumindest einen positiven Linse darstellt, die in der einen oder den zwei Zwischenlinseneinheiten (L2) umfasst ist, v_{2n} einen Durchschnittswert einer Abbe-Zahl der zumindest einen negativen Linse darstellt, die in der einen oder den zwei Zwischenlinseneinheiten (L2) umfasst ist, und θ_{2n} einen Durchschnittswert eines Teildispersionsverhältnisses der zumindest einen negativen Linse darstellt, die in der einen oder den zwei Zwischenlinseneinheiten (L2) umfasst ist.

6. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die eine oder die zwei Zwischenlinseneinheiten (L2) eine negative Linse als eine Linse umfassen, die am nächsten zu der Gegenstandsseite angeordnet ist, und wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$1,0 < f_{21}/f_2 < 2,0,$$

wobei f_{21} eine Brennweite der negativen Linse darstellt, die in der einen oder den zwei Zwischenlinseneinheiten (L2) umfasst ist.

7. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die erste rückwärtige Linseneinheit (L3) zumindest eine negative Linse und zumindest eine positive Linse umfasst, und wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$1,5 < v_{3n}/v_{3p} < 3,0,$$

wobei v_{3p} einen Durchschnittswert einer Abbe-Zahl der zumindest einen positiven Linse darstellt, die in der ersten rückwärtigen Linseneinheit (L3) umfasst ist, und v_{3n} einen Durchschnittswert einer Abbe-Zahl der zumindest einen negativen Linse darstellt, die in der ersten rückwärtigen Linseneinheit (L3) umfasst ist.

8. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die vordere Linseneinheit (L1) sechs oder mehr Linsen umfasst, die eine negative Linse und eine positive Linse umfassen.

9. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die zweite rückwärtige Linseneinheit (L4) eine Blende (SP) umfasst, die am nächsten zu der Gegenstandsseite angeordnet ist.

10. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die dritte rückwärtige Linseneinheit (L5) eine Blende (SP) umfasst, die am nächsten zu der Gegenstandsseite angeordnet ist.

11. Bildaufnahmegerät, mit:
dem Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 10; und
einem Bildaufnahmebauelement, das dazu eingerichtet ist, ein durch das Zoomobjektiv ausgebildetes Bild aufzunehmen.

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

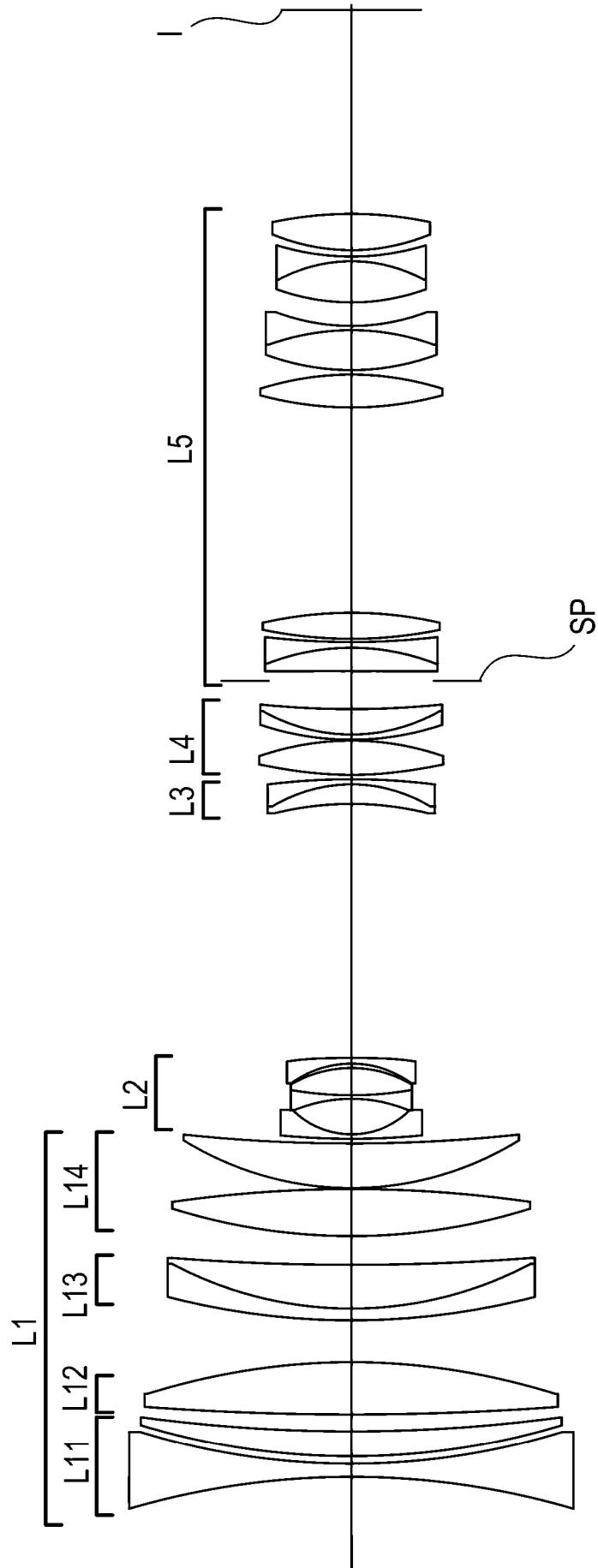


FIG. 2A

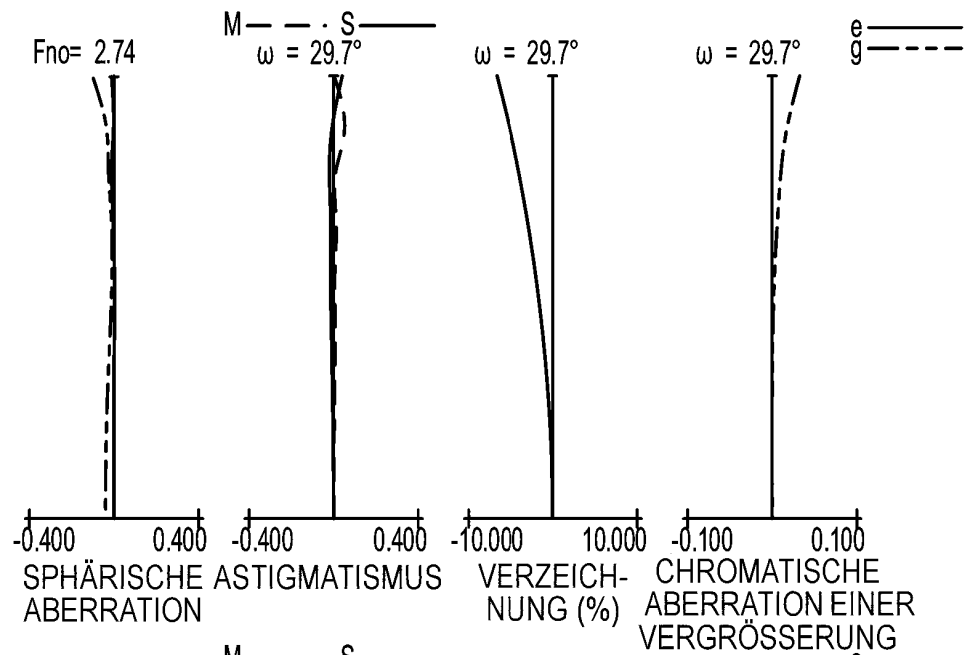


FIG. 2B

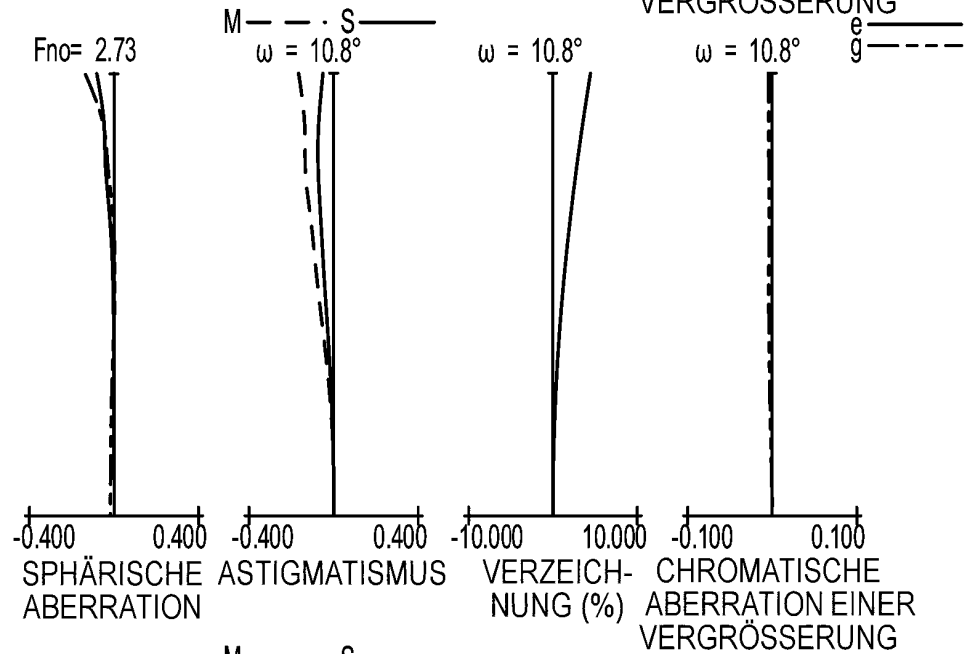


FIG. 2C

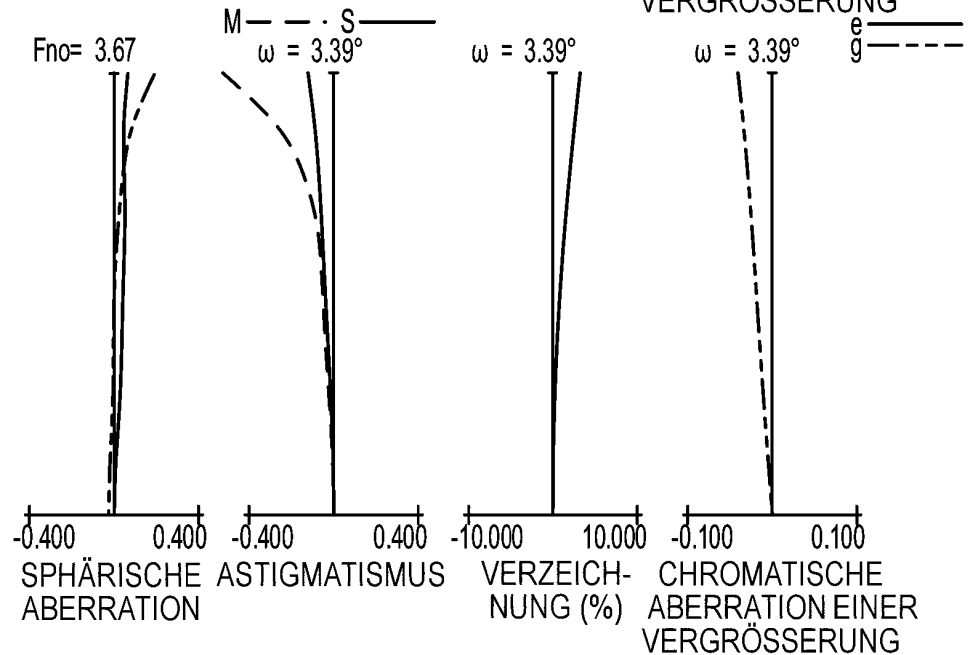


FIG. 3

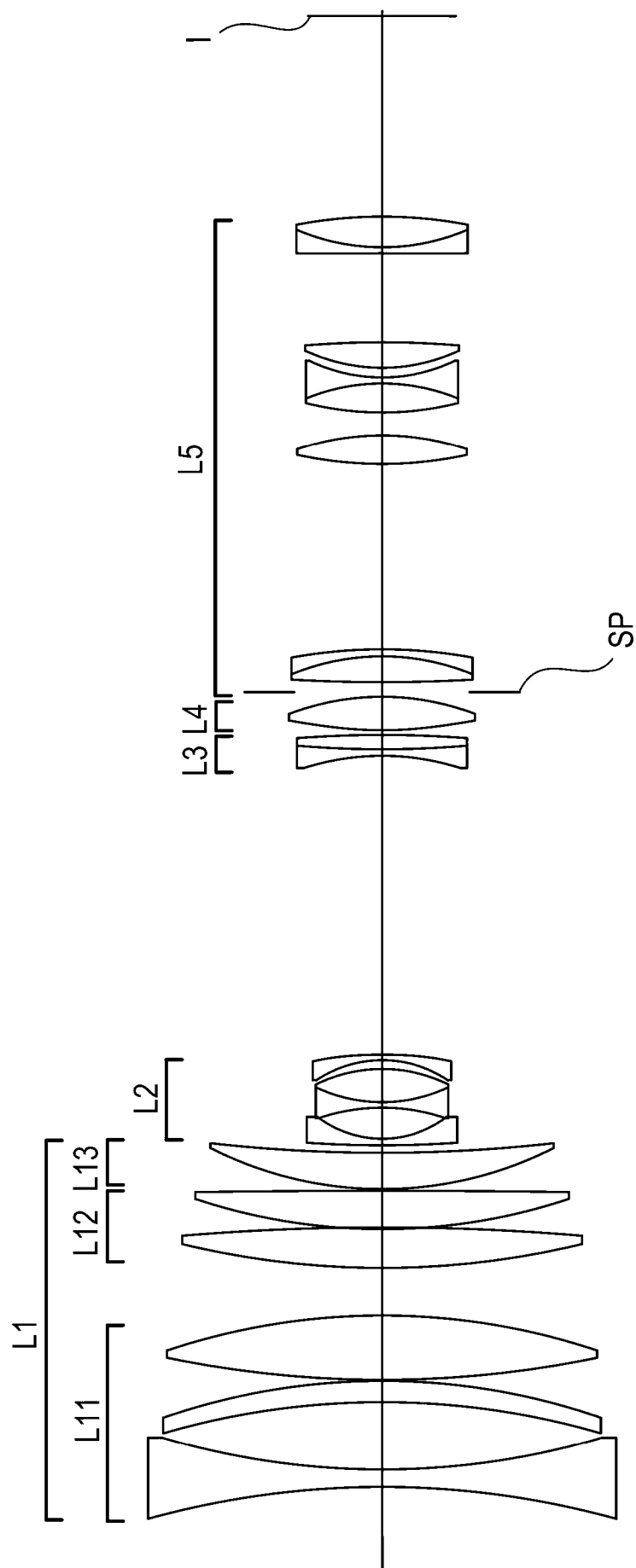


FIG. 4A

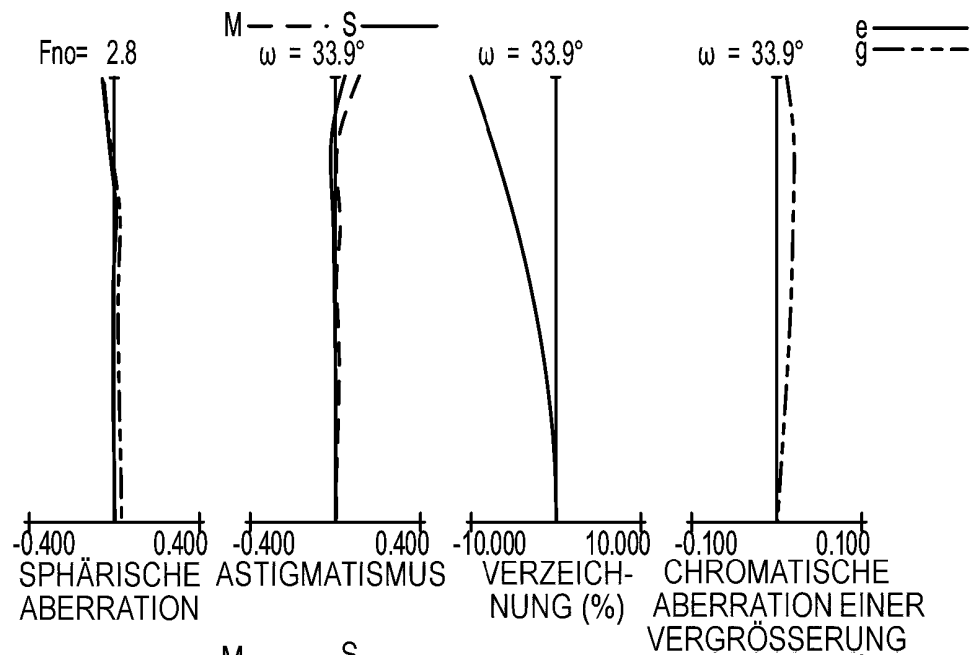


FIG. 4B

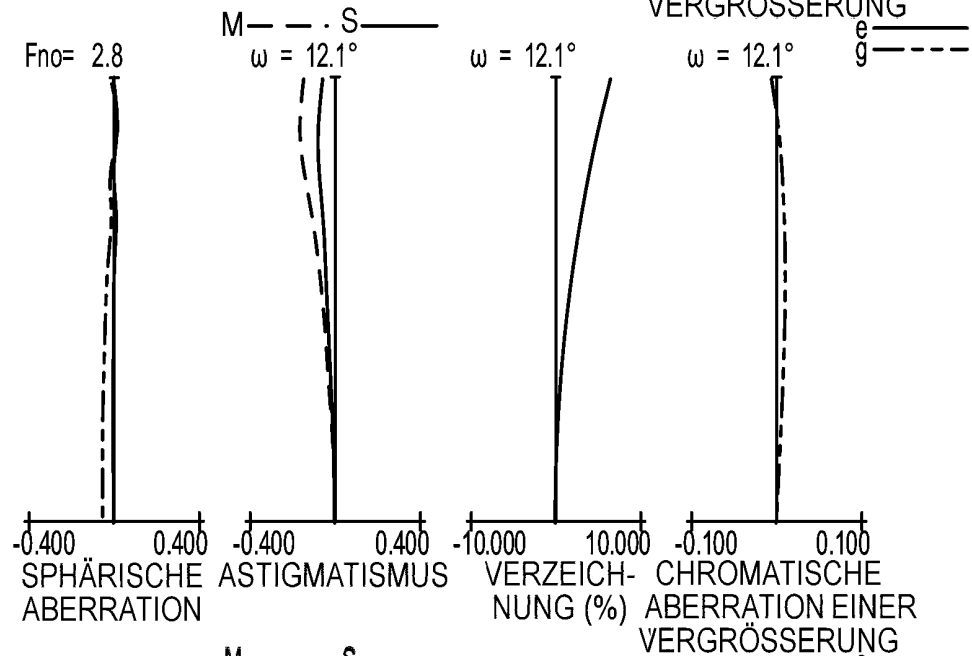


FIG. 4C

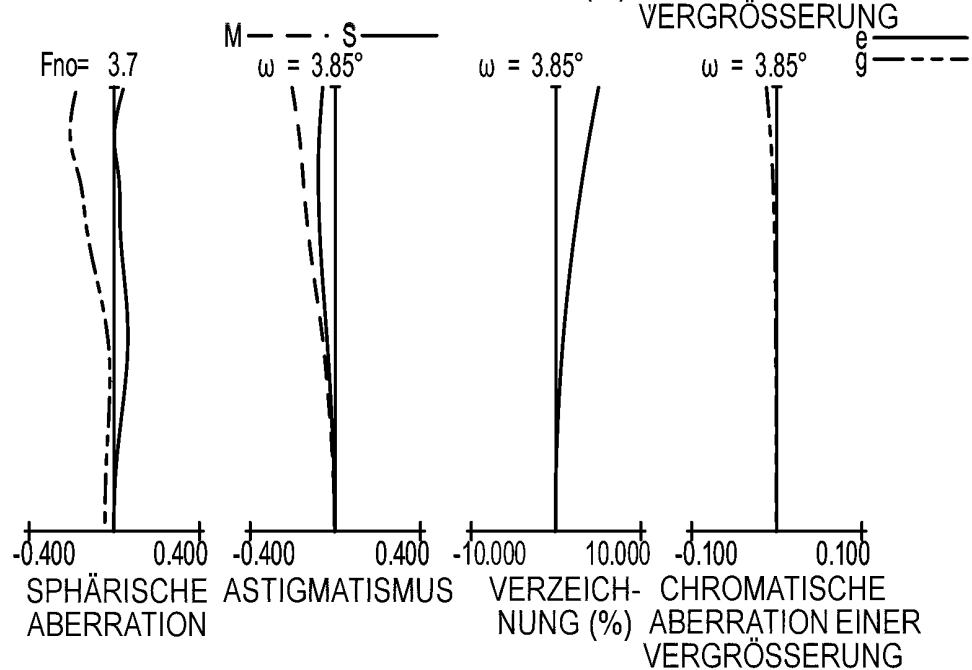


FIG. 5

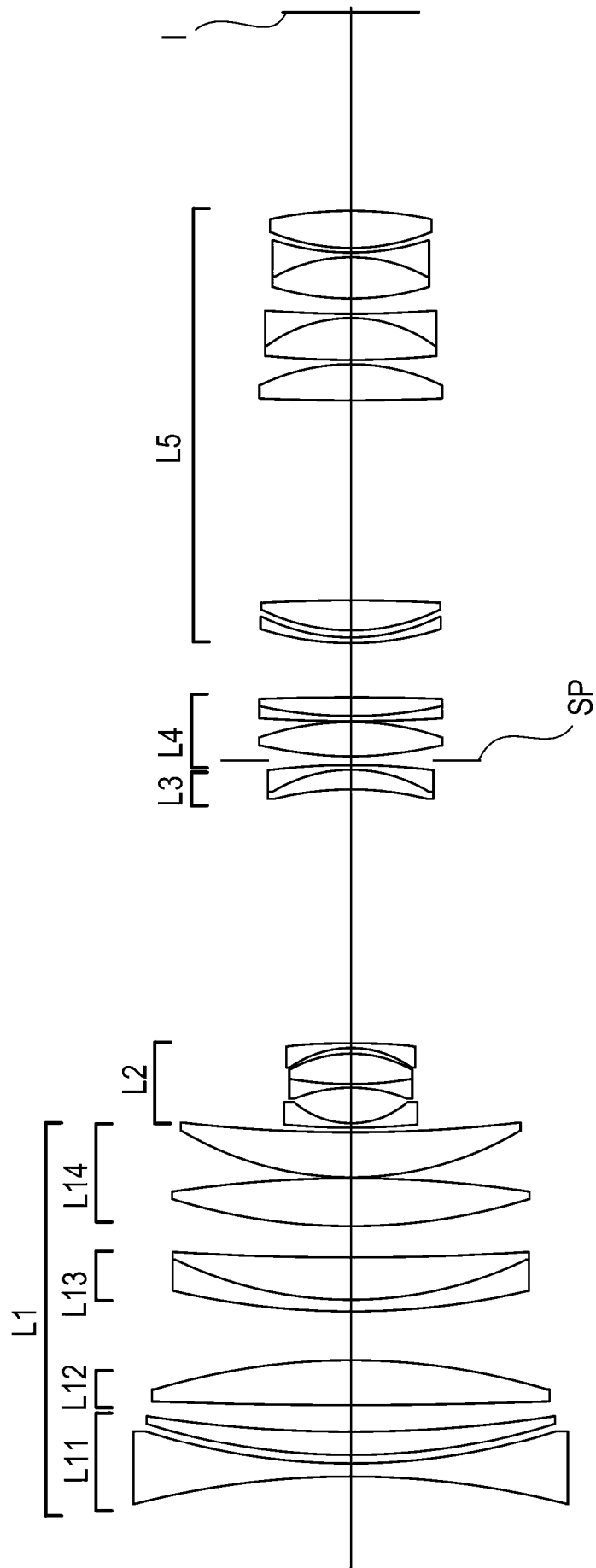


FIG. 6A

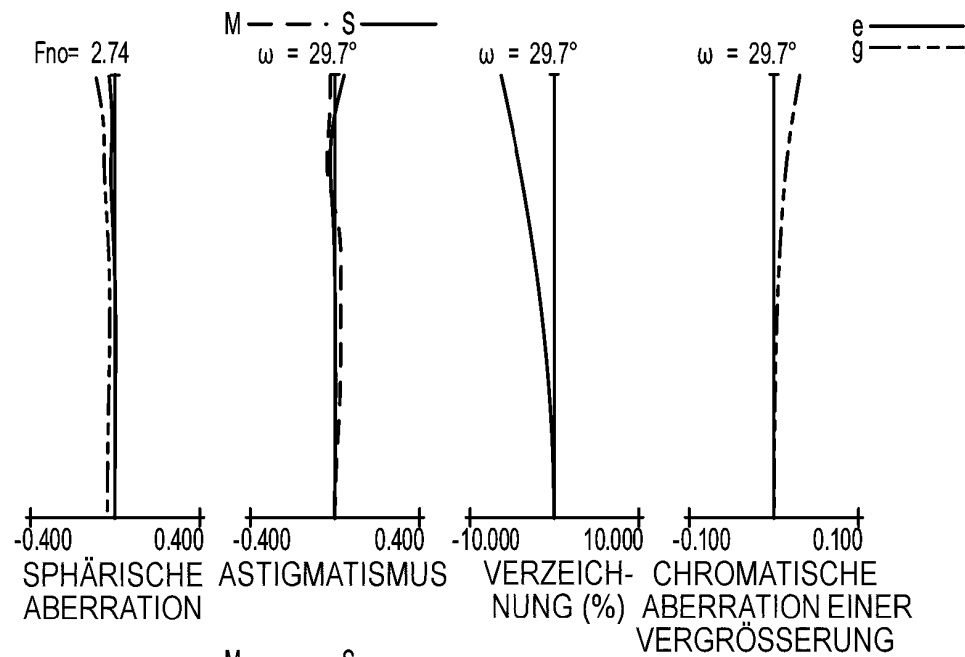


FIG. 6B

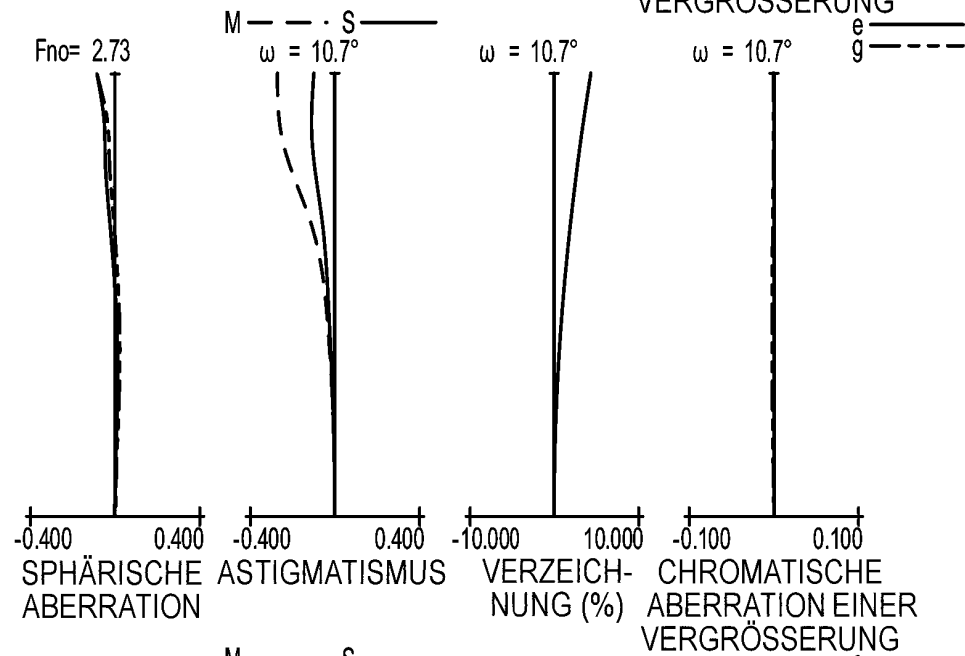


FIG. 6C

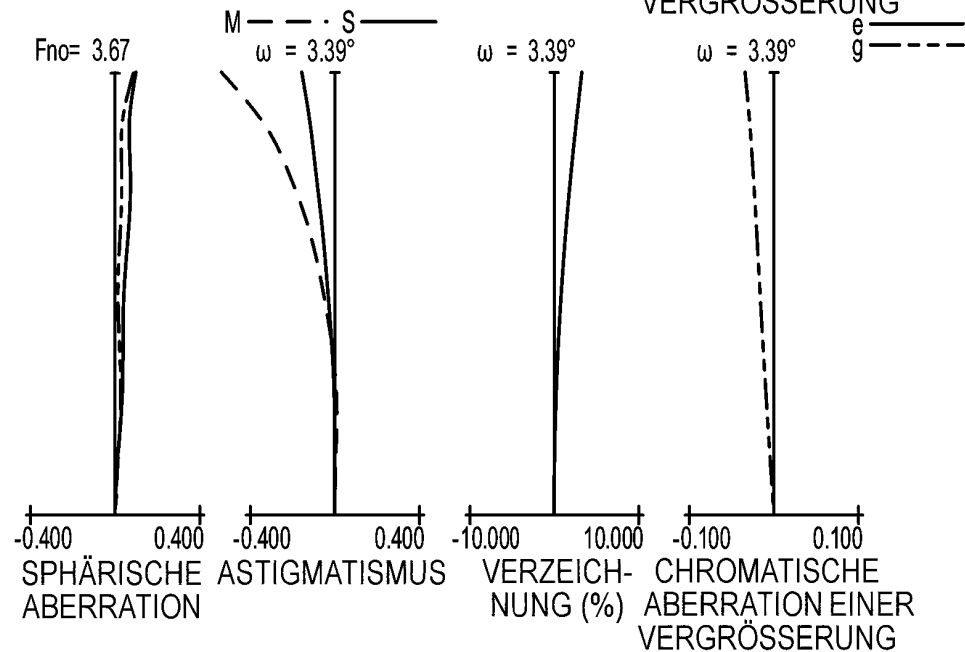


FIG. 7

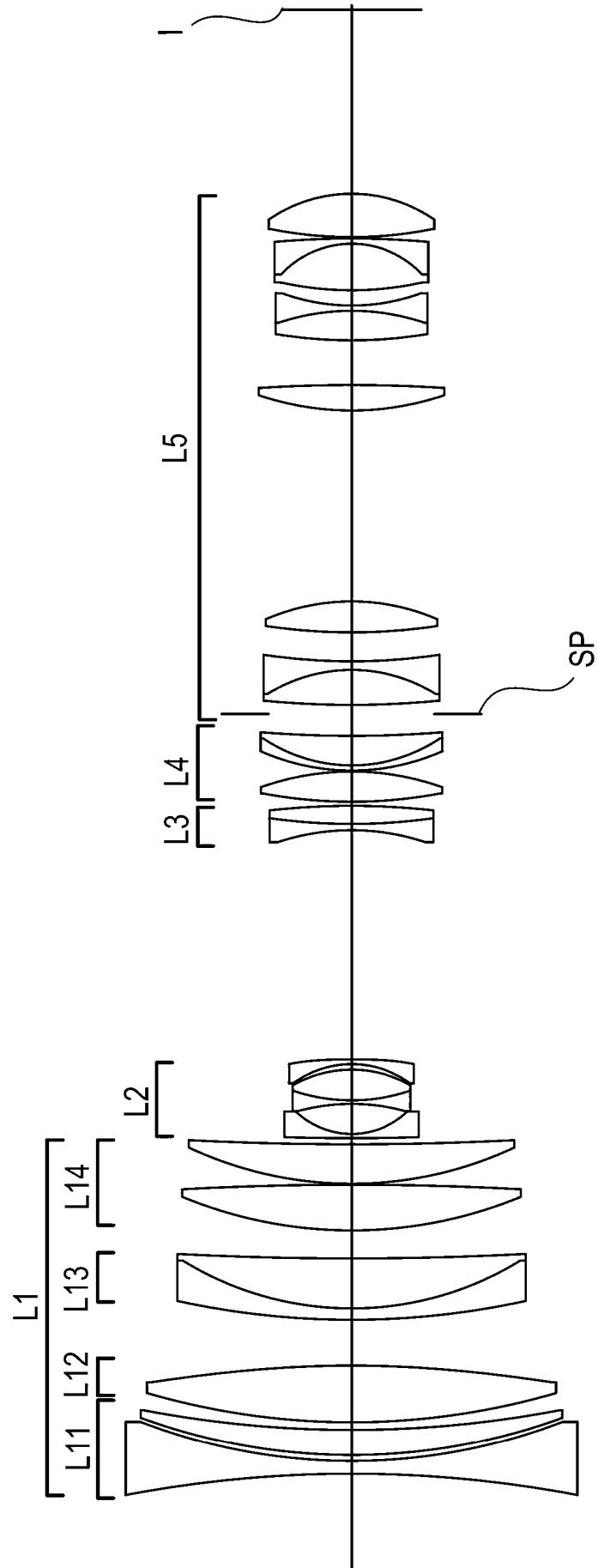


FIG. 8A

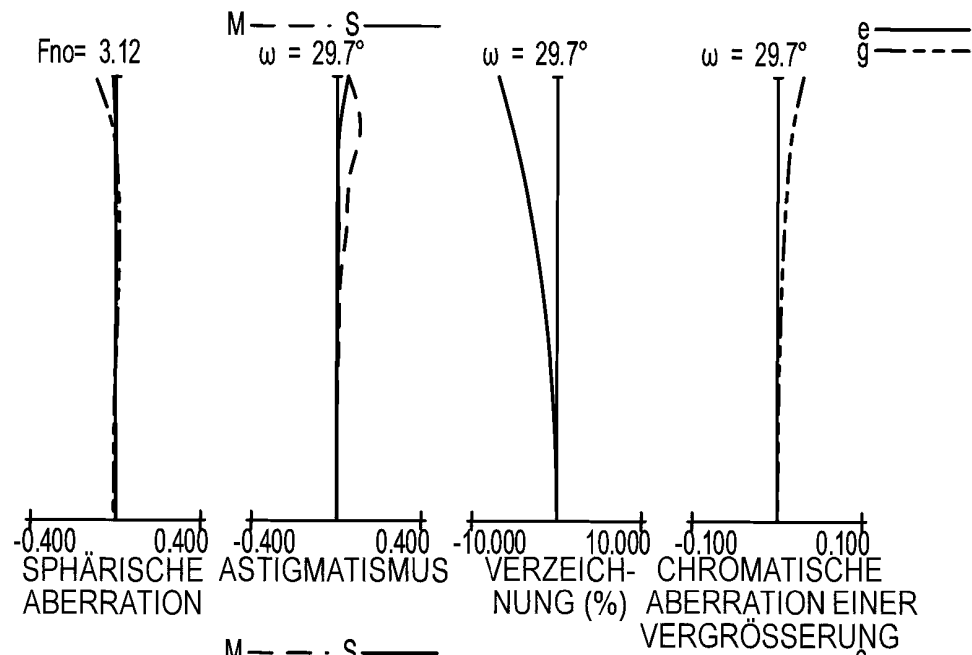


FIG. 8B

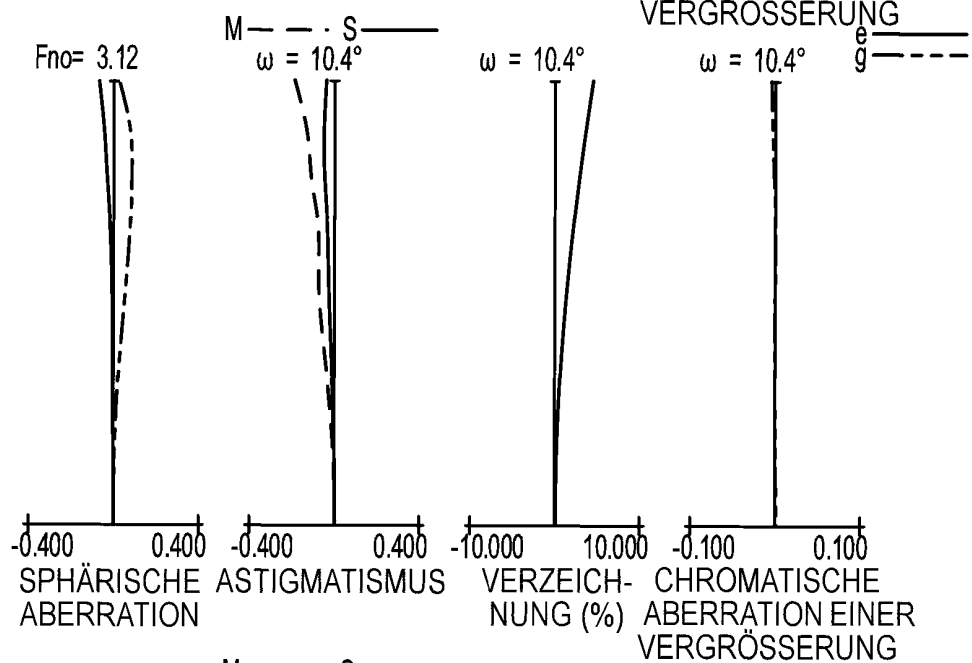


FIG. 8C

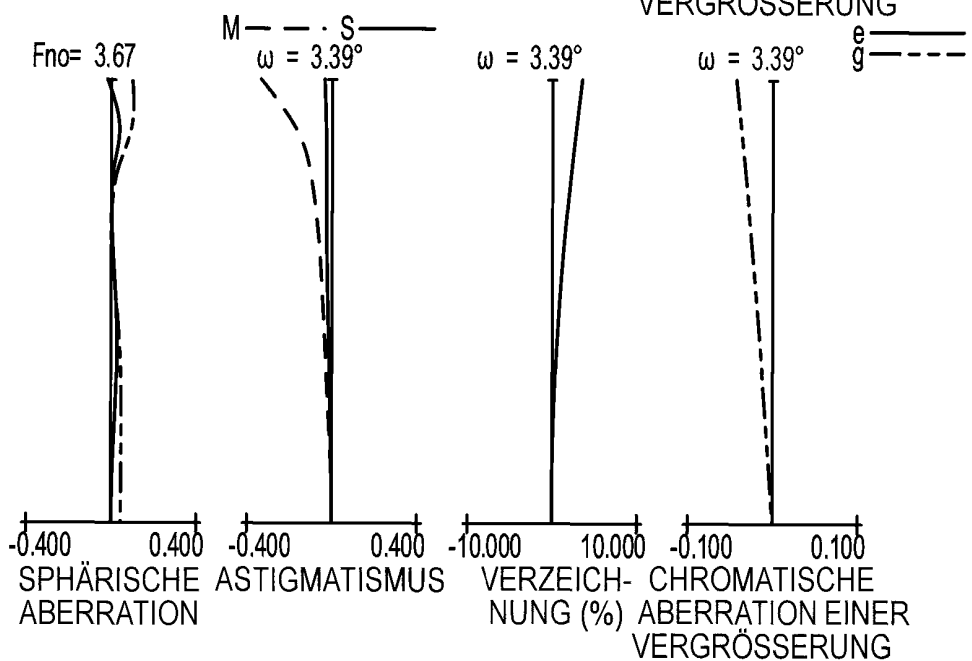


FIG. 9

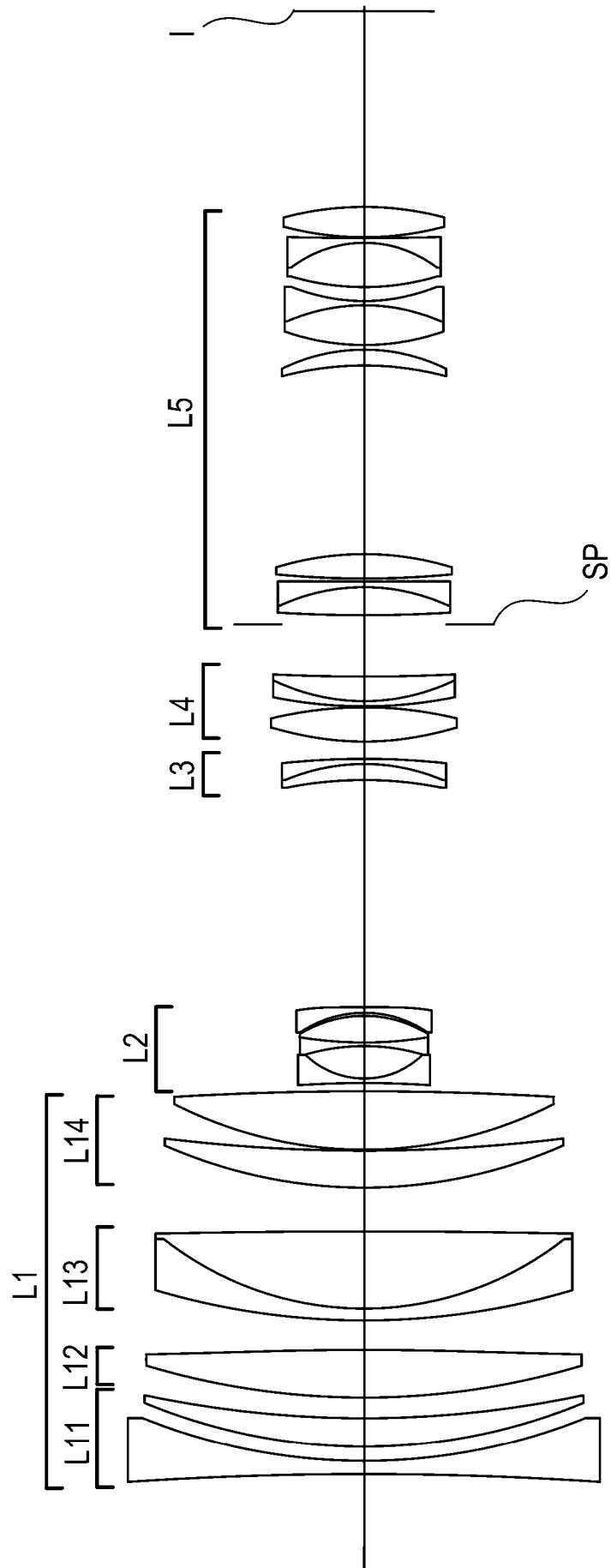


FIG. 10A

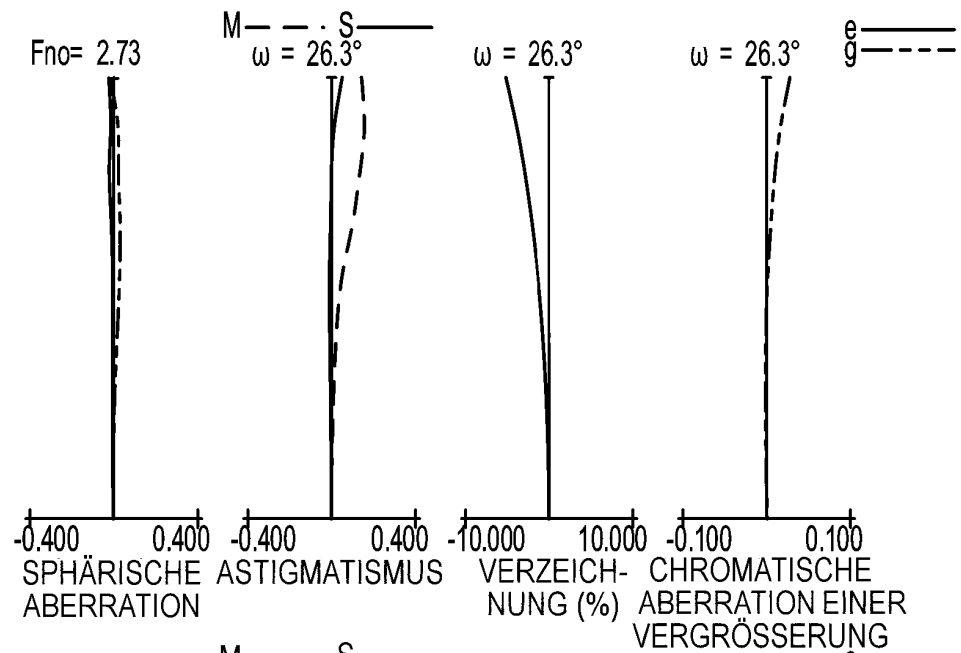


FIG. 10B

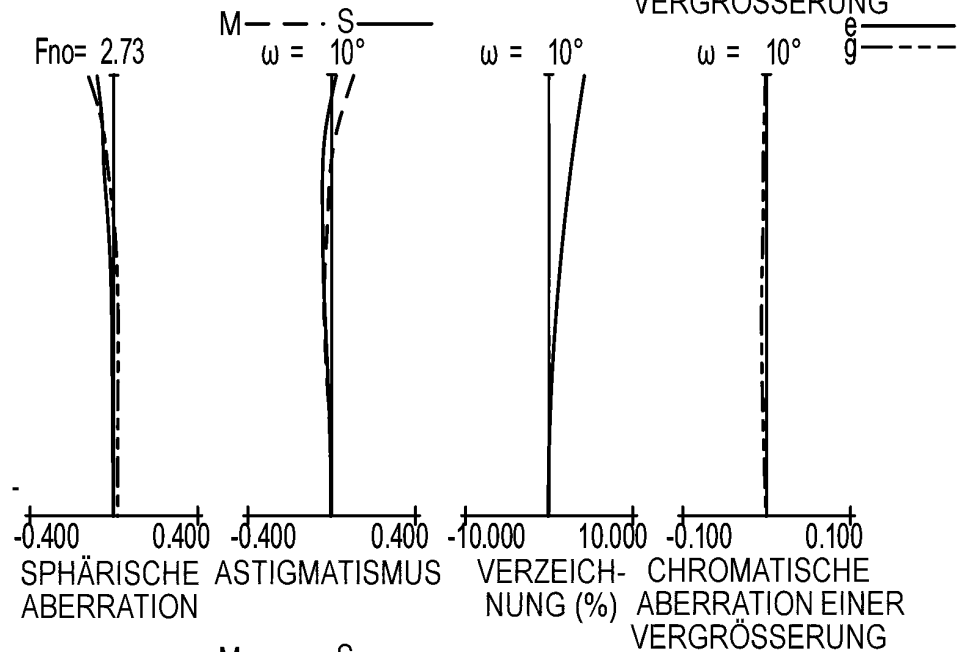


FIG. 10C

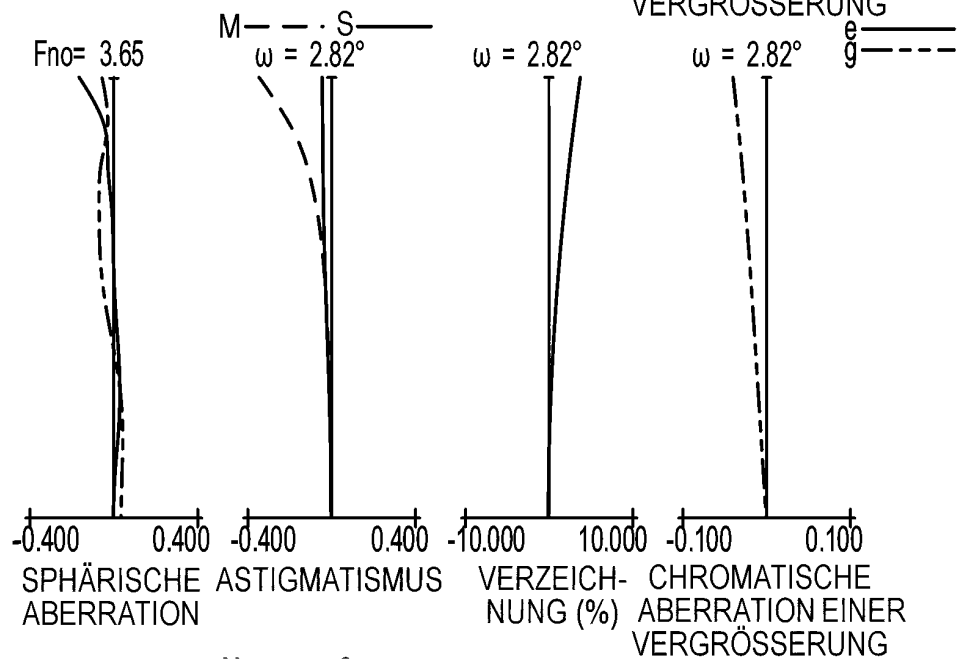


FIG. 11

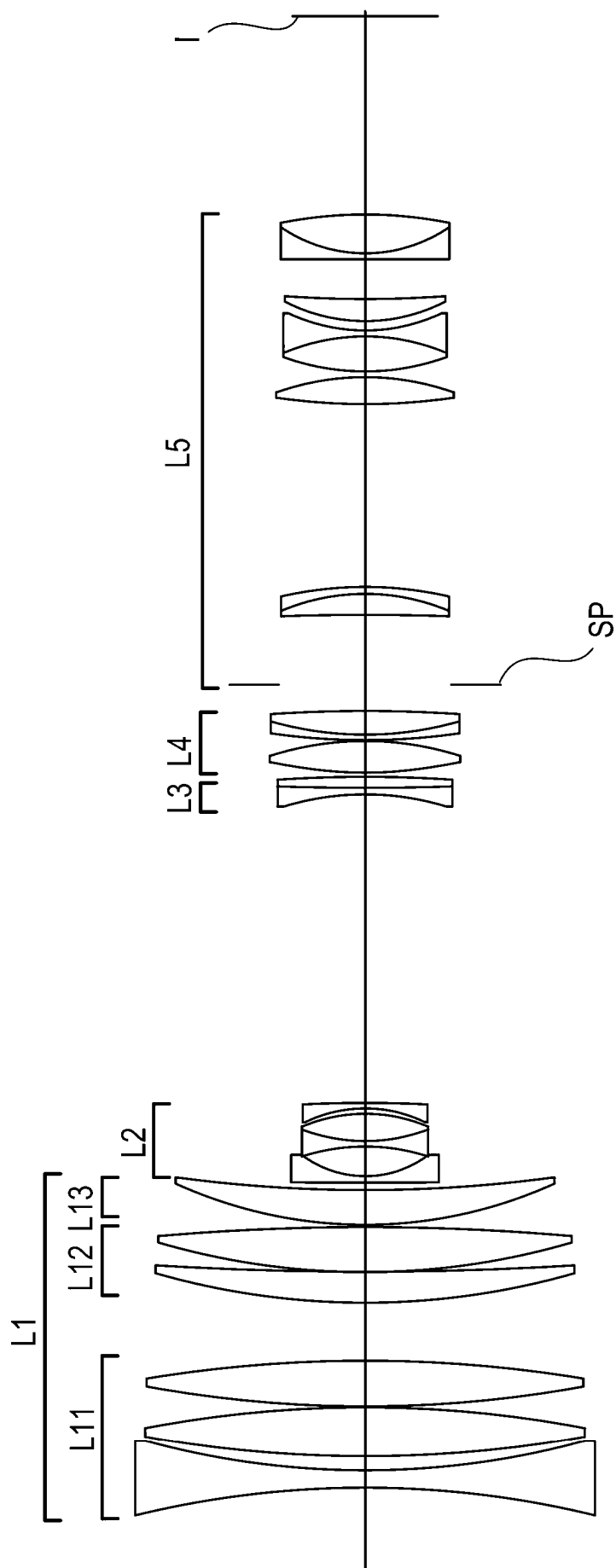


FIG. 12A

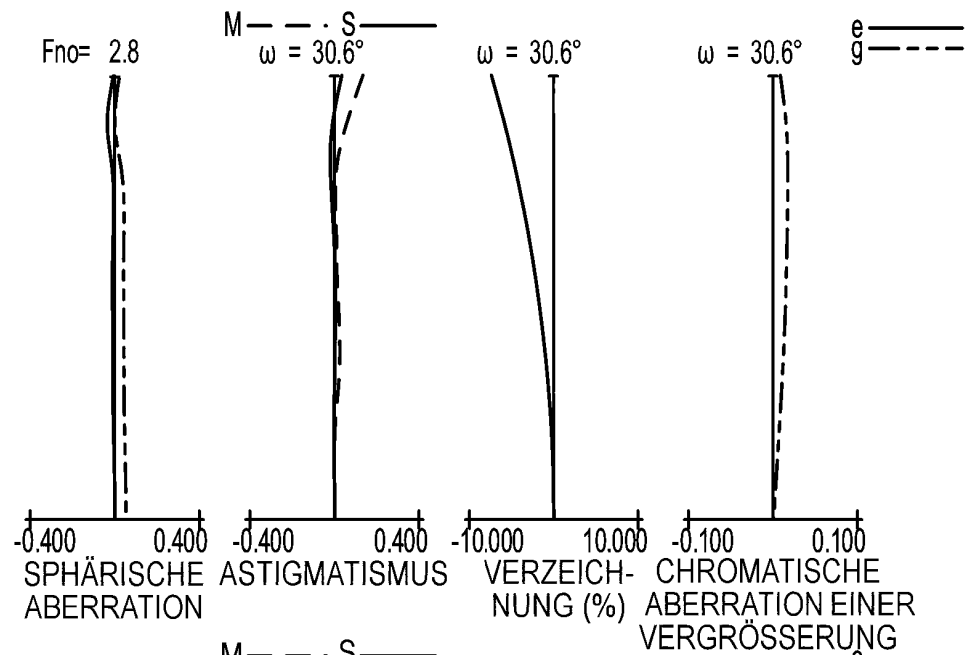


FIG. 12B

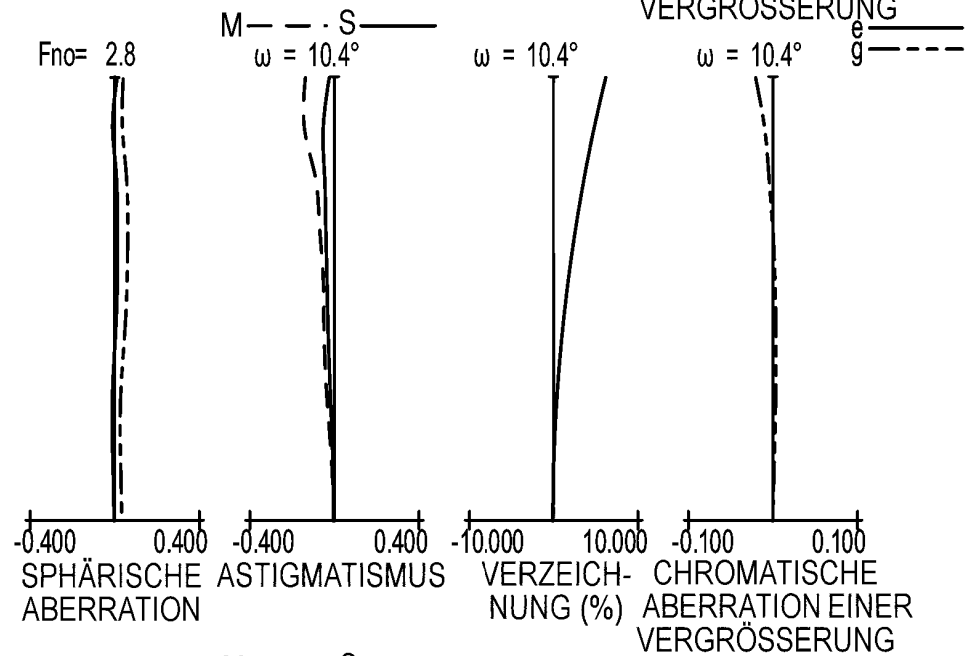


FIG. 12C

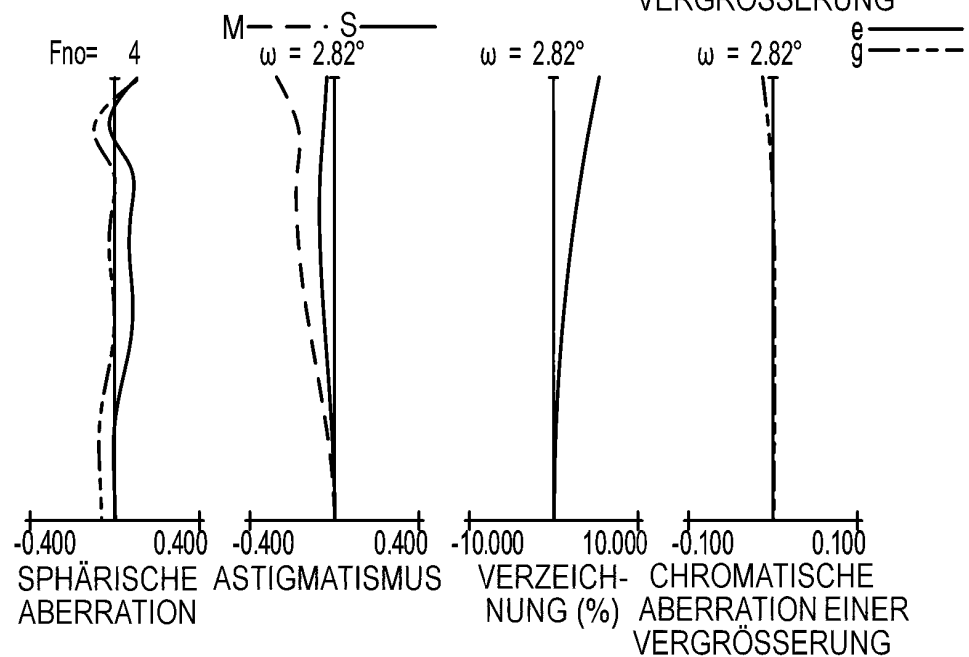


FIG. 13

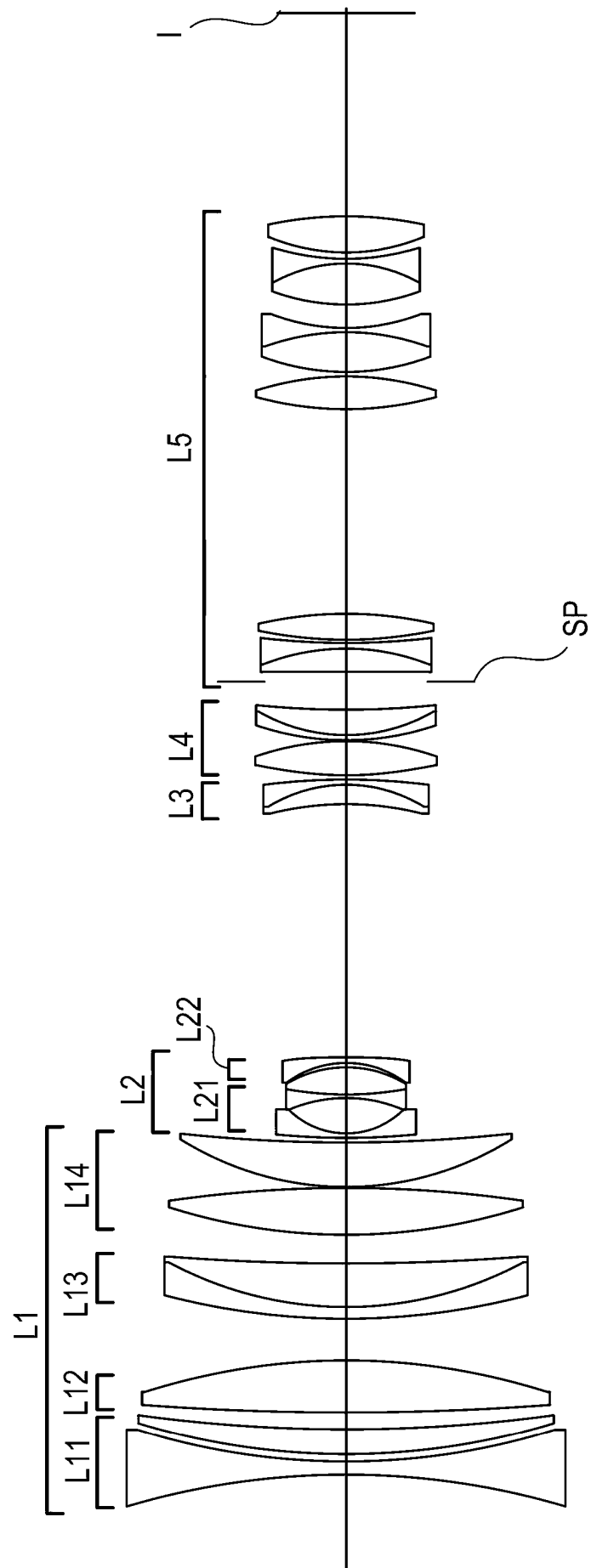


FIG. 14A

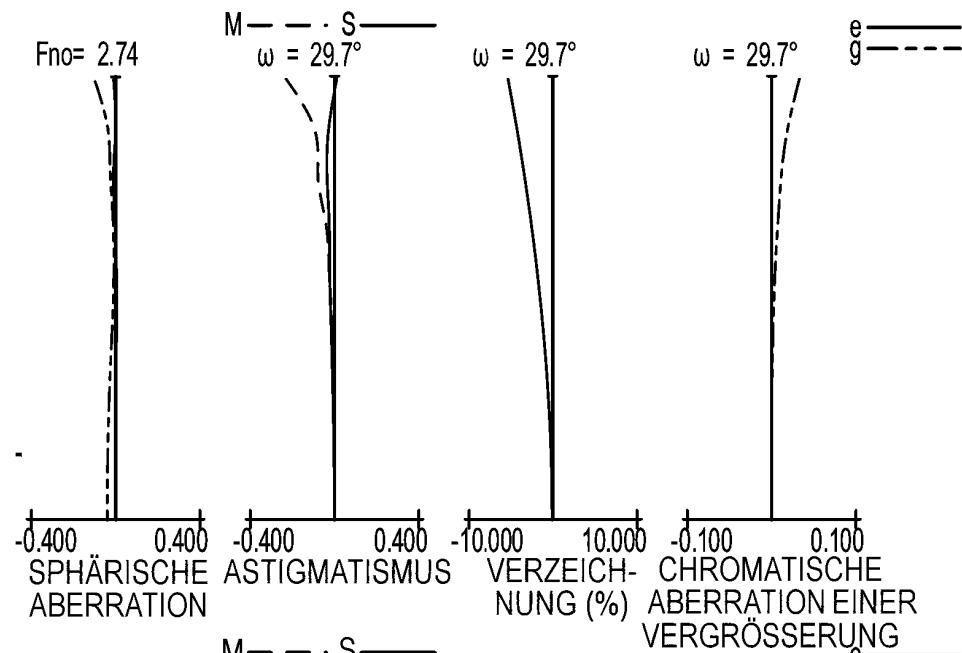


FIG. 14B

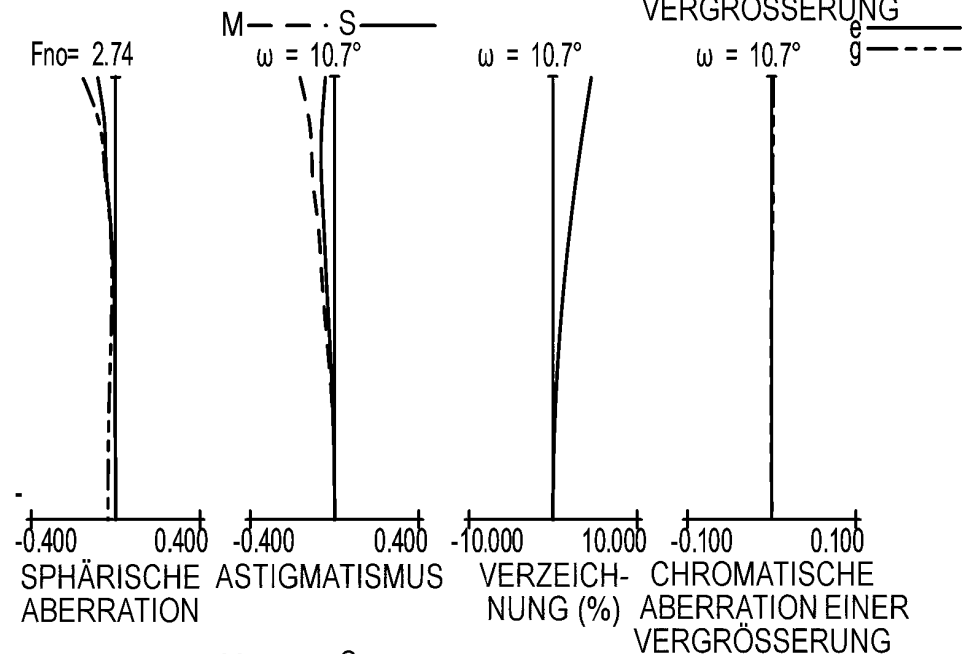


FIG. 14C

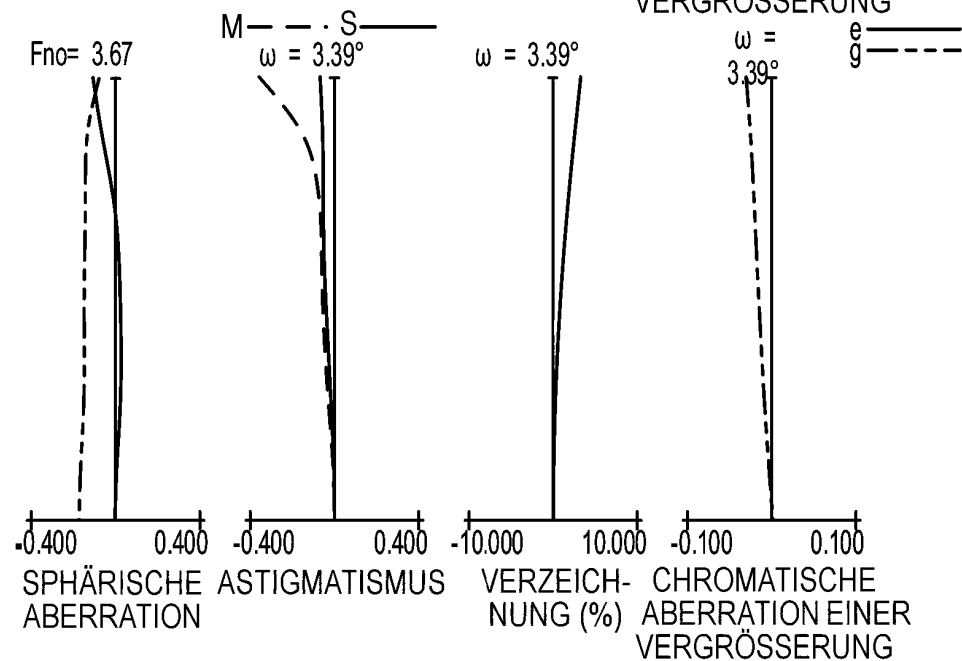


FIG. 15

