



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 112 231.7**
(22) Anmelddatum: **10.05.2019**
(43) Offenlegungstag: **14.11.2019**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.03.2021**

(51) Int Cl.: **G02B 13/00 (2006.01)**
H04N 5/225 (2006.01)
G03B 19/00 (2021.01)

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:
2018-093366 **14.05.2018** **JP**

(72) Erfinder:
Yokoyama, Takayoshi, Tokyo, JP

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

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US **2006 / 0 221 460** **A1**

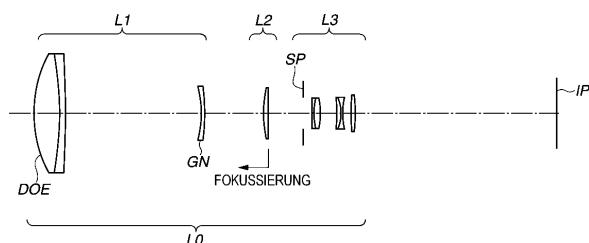
(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

(54) Bezeichnung: **Optiksystem und Abbildungsgerät mit demselben**

(57) Hauptanspruch: Optiksystem mit einer ersten Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft und einer dritten Linseneinheit mit einer negativen Brechkraft, die in einer Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite hin angeordnet sind, wobei:

die zweite Linseneinheit sich während einer Fokussierung derart bewegt, dass sich Abstände zwischen benachbarten Linseneinheiten auf der optischen Achse des Optiksystems ändern, und

die erste Linseneinheit aus einem Beugungsoptikbauelement und einer negativen Linse besteht, die in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite hin angeordnet sind, wobei die negative Linse eine Meniskusform aufweist, bei der eine konkave Oberfläche der Objektseite zugewandt ist.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Optiksystem, das für eine digitale Videokamera, eine digitale Fotokamera, eine Fernsehkamera, eine Silbersalzfilmkamera, eine Überwachungskamera und andere Abbildungsgeräte geeignet ist.

Stand der Technik

[0002] Es ist bekannt, dass eine Verwendung eines Beugungsoptikbauelements als einem Teil eines Optiksystems es ermöglicht, eine chromatische Aberration zu korrigieren.

[0003] Die Druckschrift US 2012/ 0 229 921 A1 erörtert als ein Teleobjektiv unter Verwendung eines Beugungsoptikbauelements ein Optiksystem, das eine erste Linseneinheit mit einer positiven Kraft, eine zweite sich bei einer Fokussierung bewegende Linseneinheit und eine dritte Linseneinheit umfasst. Bei dem in der Druckschrift US 2012/ 0 229 921 A1 erörterten Optiksystem ist das Beugungsoptikbauelement in der ersten Linseneinheit angeordnet. Das in der Druckschrift US 2012/ 0 229 921 A1 erörterte Optiksystem ist von einer sogenannten Innenfokus - art, das eine Fokussierung durch die zweite Linseneinheit durchführt.

[0004] Ferner offenbart die Druckschrift US 2006/ 0 221 460 A1 ein Zoomobjektivsystem und ein Bildaufnahmegerät mit dem System.

ERFINDUNGSZUSAMMENFASSUNG

[0005] Bei einem Innenfokusoptiksystem wird eine Höhe eines Lichtflusses, der durch eine Fokussierungsgruppe hindurchtritt, abhängig von einer Position der Fokussierungsgruppe stark verändert. Dementsprechend wird eine optische Leistungsfähigkeit des Innenfokusoptiksystems einfach geändert. Falls ferner die positive Kraft einer ersten Linseneinheit in dem Fall verbessert wird, dass das Optiksystem eine kleine Anzahl von Linsen umfasst, um eine Größe und ein Gewicht des Optiksystems zu verringern, wird es schwierig, eine in der ersten Linseneinheit auftretende Aberration ausreichend zu korrigieren. Dementsprechend wird es schwierig, eine herausragende optische Leistungsfähigkeit zu erzielen.

[0006] Das in der Druckschrift US 2012/ 0 229 921 A1 erörterte Optiksystem kann kein ausreichend gutes Gleichgewicht zwischen einer durch einen Objektabstand verursachten Verringerung einer Änderung der optischen Leistungsfähigkeit, sowie einer Größenverringerung und einer Gewichtsverringerung des Optiksystems erzielen.

[0007] Die Erfindung ist auf ein kleines und leichtgewichtiges Optiksystem mit einer herausragenden optischen Leistungsfähigkeit, die bei einer Fokussierung weniger geändert wird, und auf ein Abbildungsgerät mit dem Optiksystem ausgerichtet.

[0008] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst ein Optiksystem eine erste Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft, eine zweite Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft und eine dritte Linseneinheit mit einer negativen Brechkraft, die in einer Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite hin angeordnet sind. Während einer Fokussierung bewegt sich die zweite Linseneinheit derart, dass sich Abstände zwischen benachbarten Linseneinheiten auf der optischen Achse des Optiksystems ändern. Die erste Linseneinheit besteht aus einem Beugungsoptikbauelement und einer negativen Linse, die in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite hin angeordnet sind, wobei die negative Linse eine Meniskusform aufweist, bei der eine konkave Oberfläche der Objektseite zugewandt ist.

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

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht, die ein Optiksystem gemäß einem ersten exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

Die **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zeigen Darstellungen, die Aberrationen des Optiksystems gemäß dem ersten exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulichen.

Fig. 3 zeigt eine Schnittansicht, die ein Optiksystem gemäß einem zweiten exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

Die **Fig. 4A** und **Fig. 4B** zeigen Diagramme, die Aberrationen des Optiksystems gemäß dem zweiten exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulichen.

Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht, die ein Optiksystem gemäß einem dritten exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

Die **Fig. 6A** und **Fig. 6B** zeigen Darstellungen, die Aberrationen des Optiksystems gemäß dem dritten exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulichen.

Fig. 7 zeigt eine Schnittansicht, die ein Optiksystem gemäß einem vierten exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

Die **Fig. 8A** und **Fig. 8B** zeigen Diagramme, die Aberrationen des Optiksystems gemäß dem vierten exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulichen.

Fig. 9 zeigt eine Schnittansicht, die ein Optiksystem gemäß einem fünften exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

Die **Fig. 10A** und **Fig. 10B** zeigen Darstellungen, die Aberrationen des Optiksystems gemäß dem fünften exemplarischen Ausführungsbeispiel veranschaulichen.

Fig. 11 zeigt eine schematische Darstellung, die ein Abbildungsgerät veranschaulicht.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0010] Exemplarische Ausführungsbeispiele eines Optiksystems und eines Abbildungsgerätes mit dem Optiksystem gemäß der Erfindung sind nachstehend unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung beschrieben. Jedes der Ausführungsbeispiele der nachstehend beschriebenen Erfindung kann alleine oder als eine Kombination einer Vielzahl von Ausführungsbeispielen oder deren Merkmalen soweit nötig notwendig werden, oder soweit die Kombination von Bauelementen oder Merkmalen von individuellen Ausführungsbeispielen in einem einzelnen Ausführungsbeispiel vorteilhaft sind.

[0011] Das Optiksystem gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele umfasst eine erste und eine zweite Linseneinheit mit einer positiven Kraft (d.h., einer optischen Kraft), und eine dritte Linseneinheit mit einer negativen Kraft. Die drei Linseneinheiten sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite hin angeordnet. Falls eine Fokussierung durchgeführt wird, wird die zweite Linseneinheit bewegt, und ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten auf einer optischen Achse wird verändert. Jede der Linseneinheiten kann eine oder mehrere Linsen umfassen. Jede der Linseneinheiten kann eine Aperturblende umfassen.

[0012] Die **Fig. 1**, **Fig. 3**, **Fig. 5**, **Fig. 7** und **Fig. 9** veranschaulichen jeweils Schnittansichten eines auf ein Objekt bei unendlich fokussierten Optiksystems gemäß einem ersten bis fünften exemplarischen Ausführungsbeispiel. Das Optiksystem gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele wird in einem Abbildungsgerät, wie etwa einer Videokamera, einer Digitalkamera, einer Silbersalzfilmkamera und einer Fernsehkamera verwendet.

[0013] In jeder der Linsenschnittansichten entspricht die linke Seite der Objektseite, und die rechte Seite entspricht der Bildseite. Ein Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele umfasst eine erste Linseneinheit **L1**, eine zweite Linseneinheit **L2** und eine dritte Linseneinheit **L3**. Die erste Linseneinheit **L1** in dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele umfasst ein Beugungsoptikbauelement **DOE** mit einer positiven Kraft und eine negative Linse **GN**. Das Beugungsoptikbauelement **DOE** und die negative Linse **GN** sind in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite hin angeordnet. Die negative Linse **GN** weist eine Meniskusform auf, bei der eine konkave Oberfläche der negativen Linse **GN** der Objektseite zugewandt ist. Das Beugungsoptikbauelement **DOE** ist ein Optikelement mit einer Beugungsoberfläche. Das Beugungsoptikbauelement **DOE** kann die Beugungsfläche auf einer Linsenoberfläche einer

Einzellinse oder einer gekitteten Oberfläche einer gekitteten Linse aufweisen. Ferner kann das Beugungsoptikbauelement **DOE** eine Linseneinheit sein, bei der zwei Linsen, wobei jede mit einer Beugungsoberfläche bereitgestellt ist, mit einem Spalt derart benachbart angeordnet sind, dass die Beugungsoberflächen einander zugewandt sind.

[0014] Licht, das die Beugungsoberfläche des Beugungsoptikbauelements **DOE** betritt, wird durch den Lichtbeugungseffekt konvergiert.

[0015] Ferner umfasst in jeder der Linsenschnittansichten das Optiksystem **L0** eine Aperturblende SP und eine Abbildungsebene **IP**. Bei dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele ist die Aperturblende SP an der am weitesten zu der Objektseite hin gelegenen Seite der dritten Linseneinheit **L3** angeordnet. Falls das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele als ein Abbildungsoptiksystem einer Videokamera oder einer Digitalkamera verwendet wird, ist eine Festkörperabbildungsvorrichtung (d.h., eine fotoelektrische Umwandlungsvorrichtung) wie etwa ein CCD-Sensor (sog. „charged-coupled device“-Sensor) und ein CMOS-Sensor (sog. „complementary metal-oxid semiconductor“-Sensor) in der Abbildungsebene **IP** angeordnet. In dem Fall, dass das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele für ein Abbildungsoptiksystem einer Silberhalogenidfilmkamera verwendet wird, ist ein Film in der Abbildungsebene **IP** angeordnet. Ein nicht gezeigter Optikblock mit einer Frontplatte, einem Tiefpassfilter und einem Infrarotabschneidefilter kann auf der Objektseite der Abbildungsebene **IP** angeordnet sein.

[0016] Ein in jeder der Linsenschnittansichten gezeigter Pfeil gibt eine Bewegungsrichtung der zweiten Linseneinheit **L2** bei einer Fokussierung von unendlich auf einen kurzen Abstand an. Bei dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele bewegt sich die Linseneinheit **L2** bei der Fokussierung von unendlich auf einen kurzen Abstand zu der Objektseite hin.

[0017] Die **Fig. 2A** und **Fig. 2B**, **Fig. 4A** und **Fig. 4B**, **Fig. 6A** und **Fig. 6B**, **Fig. 8A** und **Fig. 8B**, sowie 10A und 10B sind Darstellungen, die jeweils Aberrationen des Optiksystems **L0** gemäß dem ersten bis fünften Ausführungsbeispiel veranschaulichen. Die **Fig. 2A**, **Fig. 4A**, **Fig. 6A**, **Fig. 8A** und **Fig. 10A** sind Darstellungen, die Aberrationen veranschaulichen, die bei Fokussierung auf ein Objekt bei unendlich auftreten. Die **Fig. 2B**, **Fig. 4B**, **Fig. 6B**, **Fig. 8B** und **Fig. 10B** sind Darstellungen, die Aberrationen veranschaulichen, die bei Fokussierung auf ein Objekt mit einem endlichen Abstand (6 m in **Fig. 2B**, 5 m in **Fig. 4B**, 7 m in **Fig. 6B**, 6 m in **Fig. 8B** und 5 m in **Fig. 10B**). In einer Darstellung einer sphärischen Aberration in jeder der Aberrationsdarstellungen bezeichnet Fno eine F-Zahl und zeigt eine sphärische Aberrationsmenge hinsichtlich einer d-Linie (d.h., einer Wellenlänge von 587,6 nm) und einer g-Linie (d.h., einer Wellenlänge von 435,8 nm) an. In einer Astigmatismusdarstellung in jeder der Aberrationsdarstellungen bezeichnet ΔS eine Astigmatismusmenge in einer sagittalen Bildebene, und ΔM bezeichnet eine Astigmatismusmenge in einer meridionalen Abbildungsebene. Eine Darstellung einer Verzerrungsaberration (%) in jeder der Aberrationsdarstellungen veranschaulicht eine Verzerrungsaberrationsmenge hinsichtlich einer d-Linie. Eine Darstellung einer chromatischen Aberration in jeder der Aberrationsdarstellungen veranschaulicht eine chromatische Aberrationsmenge hinsichtlich einer g-Linie. In den vorstehend beschriebenen Darstellungen bezeichnet ω einen halben Bildfeldwinkel ($^\circ$).

[0018] Nachstehend ist eine charakteristische Konfiguration in dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele beschrieben.

[0019] Das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele wendet eine Kraftanordnung einer Teleobjektivart an, die durch eine vordere Gruppe mit der ersten Linseneinheit **L1** und der zweiten Linseneinheit **L2** mit einer positiven zusammengesetzten Kraft und eine hintere Gruppe mit der dritten Linseneinheit **L3** mit einer negativen Kraft umfasst. In dieser Weise verringert das Optiksystem **L0** eine Gesamtlänge des Objektivs.

[0020] Bei dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele wird die Kraft der vorderen Gruppe durch die erste Linseneinheit **L1** und die zweite Linseneinheit **L2** geteilt. Das Teilen schwächt die positive Kraft der ersten Linseneinheit **L1**, die eine große Höhe eines paraxialen Randstrahles aufweist, und eine Tendenz aufweist, dass die sphärische Aberration, die Koma-Aberration, die chromatische Aberration auf der Achse und andere Aberrationen in hohem Maß auftreten, und somit insbesondere Aberrationen höherer Ordnung korrigieren kann. Das Aufteilen kann ferner eine Variabilität einer durch eine Dezentrierung verursachten optischen Leistungsfähigkeit verringern, und somit kann eine Schwierigkeit bei einer Herstellung verringert werden.

[0021] Falls die zweite Linseneinheit **L2** in dem Fall bewegt wird, dass eine Fokussierung durch die zweite Linseneinheit **L2** durchgeführt wird, kann zusätzlich dazu eine Höhe des durch die zweite Linseneinheit **L2** hindurchtretenden Lichtflusses variiert werden, da der durch die erste Linseneinheit **L1** konvergierte Lichtfluss die zweite Linseneinheit **L2** betritt. Dementsprechend kann eine optische Leistungsfähigkeit abhängig von dem Objektabstand stark geändert werden.

[0022] Im Gegensatz dazu kann gemäß der vorstehenden Beschreibung die positive Kraft der ersten Linseneinheit **L1** in dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele relativ geschwächt werden. Somit wird ein Winkel des von der ersten Linseneinheit **L1** ausgesandten Lichtflusses (d.h., ein Lichtfluss auf der Achse) relativ flach. Zusätzlich dazu umfasst bei dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele die erste Linseneinheit **L1** das Beugungsoptikbauelement **DOE** mit einer positiven Kraft und die negative Linse **GN** mit der Meniskusform, bei der die konkave Oberfläche zu der Objektseite hin ausgerichtet ist. Ein Anordnen der Linse mit einer negativen Kraft (d.h., der negativen Linse **GN**) an der am weitesten zu der Bildseite hin gelegenen Seite in der ersten Linseneinheit ermöglicht es, den Winkel des von der ersten Linseneinheit **L1** ausgesandten Lichtflusses flacher zu gestalten. Somit wird die Variation der Höhe des die zweite Linseneinheit **L2** betretenden Lichtflusses bei einer Bewegung der zweiten Linseneinheit **L2** während einer Fokussierung verringert. Somit kann eine hohe optische Leistungsfähigkeit erzielt werden.

[0023] In dem Fall, dass die zweite Linseneinheit **L2** eine positive Kraft aufweist, kann die zweite Linseneinheit **L2** die chromatische Aberration auf der Achse und die in der ersten Linseneinheit **L1** auftretende chromatische Aberration der Verstärkung nicht korrigieren. Dementsprechend ist bei dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele das Beugungsoptikbauelement **DOE** an einer Position am weitesten zu der Objektseite hin angeordnet, bei der eine Höhe eines paraxialen Randstrahles und eine Höhe eines paraxialen Hauptstrahles die höchsten in dem Optiksystem werden. Da die Beugungssoberfläche des Beugungsoptikbauelements **DOE** eine negative Dispersion aufweist, ermöglicht ein Bereitstellen einer positiven Kraft der Beugungssoberfläche es, die chromatische Aberration auf der Achse und die chromatische Aberration der Vergrößerung zu korrigieren, die in der ersten Linseneinheit **L1** auftreten. Ferner ermöglicht es ein Bereitstellen der positiven Kraft der Beugungssoberfläche, die Kraft der positiven Linse in der ersten Linseneinheit **L1** zu verringern, und die sphärische Aberration und die Koma-Aberration, die in der ersten Linseneinheit **L1** auftreten, zu verringern.

[0024] Das Beugungsoptikbauelement **DOE** kann eine asphärische Wirkung durch Ändern einer Periode eines Beugungsgitters erzielen. Dementsprechend kann eine hohe optische Leistungsfähigkeit erzielt werden, während die Anzahl der positiven Linsen in der ersten Linseneinheit **L1** verringert wird. Somit kann sowohl ein geringes Gewicht als auch eine hohe Leistungsfähigkeit des Optiksystems **L0** erzielt werden.

[0025] In dem Fall, dass die asphärische Wirkung auf der Beugungssoberfläche des Beugungsoptikbauelements **DOE** vergrößert wird, um die in der positiven Linse in der ersten Linseneinheit **L1** auftretende sphärische Aberration hauptsächlich durch die Beugungssoberfläche zu korrigieren, tritt jedoch eine chromatische sphärische Aberration auf, und es wird schwierig, die herausragende optische Leistungsfähigkeit zu erzielen. Dies beruht darauf, dass ein Absolutwert der Dispersion der Beugungssoberfläche des Beugungsoptikbauelements **DOE** groß ist ($v_d = -3,453$ in dem Fall einer Konversion mit der Abbe-Zahl hinsichtlich der d-Linie).

[0026] Dementsprechend ist die auf der Bildseite des Beugungsoptikbauelements **DOE** angeordnete negative Linse **GN** in der Meniskusform ausgebildet, wobei die konkave Oberfläche zu der Objektseite gerichtet ist, und die in der positiven Linse der ersten Linseneinheit **L1** auftretende sphärische Aberration wird durch die Beugungssoberfläche des Beugungsoptikbauelements **DOE** und die negative Linse **GN** korrigiert, und somit wird eine herausragende optische Leistungsfähigkeit erzielt. Da eine Kraftanordnung in der ersten Linseneinheit **L1** die Teleobjektivkonfiguration ausbildet, kann die Gesamtlänge des Objektivs verringert werden.

[0027] Falls die negative Linse **GN** in der Meniskusform ausgebildet ist, bei der die konkave Oberfläche zu der Bildseite gerichtet ist, wird die Korrekturwirkung der sphärischen Aberration gering, und somit wird es schwierig, die chromatische sphärische Aberration ausreichend zu verringern. Falls ferner die negative Linse **GN** in einer bikonkaven Form ausgebildet ist, ist eine Erhöhung der Kraft der positiven Linse in der ersten Linseneinheit **L1** benötigt, und somit wird ein Erzielen einer herausragenden optischen Leistungsfähigkeit schwierig.

[0028] Mit der vorstehend beschriebenen Konfiguration kann das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele eine geringe Größe, ein geringes Gewicht und die herausragende optische Leistungsfähigkeit aufweisen, die bei einer Fokussierung weniger geändert wird.

[0029] Nachstehend ist eine bevorzugte Konfiguration beschrieben, die durch das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele zu erfüllen ist.

[0030] Das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele erfüllt vorzugsweise den nachstehenden Bedingungsausdruck (1):

$$-0,55 < f_3/f < -0,06, \quad (1)$$

wobei f eine Brennweite des Optiksystems **L0** und f_3 eine Brennweite der dritten Linseneinheit **L3** ist.

[0031] Der Bedingungsausdruck (1) betrifft die Kraft der dritten Linseneinheit **L3**, und spezifiziert eine Bedingung zur Erzielung einer herausragenden optischen Leistungsfähigkeit bei einer Größenverringerung des Optiksystems **L0**.

[0032] Falls die negative Kraft der dritten Linseneinheit **L3** über eine obere Grenze des Bedingungsausdrückes (1) erhöht wird (d.h., ein Absolutwert der Kraft erhöht wird), wird eine Tendenz einer asymmetrischen Teleobjektivkraftanordnung bemerkenswert verstärkt, und eine Aberration außerhalb der Achse, wie etwa eine Feldkrümmung und eine Verzerrungsaberration, werden erhöht, was nicht bevorzugt ist.

[0033] Falls die negative Kraft der dritten Linseneinheit **L3** unter eine untere Grenze des Bedingungsausdrückes (1) verringert wird (d.h., ein Absolutwert der Kraft verringert wird), wird die Tendenz der Teleobjektivkraftanordnung geschwächt, wodurch es schwierig wird, das Optiksystem **L0** geeignet zu verkleinern.

[0034] Der Bereich des Bedingungsausdrückes (1) ist vorzugsweise auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdrückes (1a) festgelegt, und ist bevorzugter auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdrückes (1b) festgelegt:

$$-0,52 < f_3/f < -0,08, \quad (1a)$$

$$-0,48 < f_3/f < -0,10. \quad (1b)$$

[0035] Ferner erfüllt das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele vorzugsweise den nachstehenden Bedingungsausdruck (2):

$$0,50 < f_1/f < 1,00, \quad (2)$$

wobei f_1 eine Brennweite der ersten Linseneinheit **L1** ist.

[0036] Der Bedingungsausdruck (2) betrifft die Kraft der ersten Linseneinheit **L1**, und spezifiziert eine Bedingung zur Erzielung einer hohen optischen Leistungsfähigkeit bei einer Größenverringerung des Optiksystems **L0**.

[0037] Falls die Kraft der ersten Linseneinheit **L1** so klein wird, dass eine obere Grenze des Bedingungsausdrückes (2) überschritten wird, wird eine Tendenz der Teleobjektivkraftanordnung geschwächt, wodurch es schwierig wird, das Optiksystem **L0** geeignet zu verkleinern.

[0038] Falls die Kraft der ersten Linseneinheit **L1** so groß wird, dass eine untere Grenze des Bedingungsausdrückes (2) überschritten wird, erhöhen sich die sphärische Aberration, die Koma-Aberration, die chromatische Aberration auf der Achse und die chromatische Aberration der Vergrößerung, die in der ersten Linseneinheit **L1** auftreten, übermäßig. Somit wird es schwierig, die Aberrationen durch die zweite Linseneinheit **L2** und die dritte Linseneinheit **L3** zu korrigieren, und eine herausragende optische Leistungsfähigkeit zu erzielen. Ferner wird es als ein Ergebnis einer starken Konvergenz des einfallenden Lichtflusses durch die erste Linseneinheit **L1** schwierig, die Änderung der optischen Leistungsfähigkeit zu korrigieren, falls die zweite Linseneinheit **L2** während einer Fokussierung bewegt wird.

[0039] Der Bereich des Bedingungsausdrückes (2) ist vorzugsweise auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdrückes (2a) festgelegt, und bevorzugter auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdrückes (2b) festgelegt:

$0,55 < f_1/f < 0,98$, (2a)

$0,58 < f_1/f < 0,95$. (2b)

[0040] Ferner erfüllt das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele vorzugsweise den nachstehenden Bedingungsausdruck (3):

$0,40 < L/f < 0,70$, (3)

wobei L eine Gesamtlänge des Optiksystems **L0** ist.

[0041] Der Bedingungsausdruck (3) betrifft ein Teleobjektivverhältnis des Optiksystems **L0**.

[0042] Falls die Gesamtlänge des Optiksystems **L0** im Vergleich zu der Brennweite des Gesamtsystems so lang wird, dass eine obere Grenze des Bedingungsausdruckes (3) überschritten wird, wird es schwierig, das Optiksystem **L0** in der Größe zu verringern.

[0043] Falls die Gesamtlänge des Optiksystems **L0** so kurz wird, dass eine untere Grenze des Bedingungsausdruckes (3) unterschritten wird, werden die sphärische Aberration, die Koma-Aberration, die chromatische Aberration auf der Achse und die chromatische Aberration der Vergrößerung, die in der positiven Linse in der ersten Linseneinheit **L1** auftreten, übermäßig groß. Um diese Aberrationen in zufriedenstellender Weise zu korrigieren, ist es notwendig, die Anzahl der Linsen in der ersten Linseneinheit **L1** zu erhöhen, wodurch es schwierig wird, eine ausreichend hohe optische Leistungsfähigkeit bei einer Größenverringerung des Optiksystems mit einem geringen Gewicht zu erzielen.

[0044] Der Bereich des Bedingungsausdruckes (3) ist vorzugsweise auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes (3a) festgelegt, und ist bevorzugter auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes (3b) festgelegt:

$0,44 < L/f < 0,68$, (3a)

$0,48 < L/f < 0,65$. (3b)

[0045] Ferner erfüllt das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele vorzugsweise den nachstehenden Bedingungsausdruck (4):

$0,18 < f_2/f < 0,75$, (4)

wobei f_2 eine Brennweite der zweiten Linseneinheit **L2** ist.

[0046] Der Bedingungsausdruck (4) betrifft die Kraft der zweiten Linseneinheit **L2**, und spezifiziert eine Bedingung zur Verringerung der Änderung der optischen Leistungsfähigkeit bei einer Fokussierung, während das Optiksystem **L0** in der Größe verringert wird.

[0047] Falls die Kraft der zweiten Linseneinheit **L2** so klein wird, dass eine obere Grenze des Bedingungsausdruckes (4) überschritten wird, wird eine Bewegungslänge der zweiten Linseneinheit bei einer Fokussierung übermäßig groß, und somit wird das Optiksystem **L0** vergrößert, was nicht bevorzugt ist.

[0048] Falls die Kraft der zweiten Linseneinheit **L2** so groß wird, dass eine untere Grenze des Bedingungsausdruckes (4) unterschritten wird, wird die in der zweiten Linseneinheit **L2** auftretende Aberration vergrößert. Auch falls der Einfallswinkel des Lichtflusses auf die zweite Linseneinheit **L2** flach gestaltet wird, wird somit die Variation der optischen Leistungsfähigkeit bei einer Fokussierung groß, wodurch es schwierig wird, eine herausragende optische Leistungsfähigkeit zu erzielen.

[0049] Der Bereich des Bedingungsausdruckes (4) ist vorzugsweise auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes (4a) festgelegt, und ist bevorzugter auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes (4b) festgelegt:

$0,20 < f_2/f < 0,70$, (4a)

$0,25 < f_2/f < 0,65$. (4b)

[0050] Ferner erfüllt das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele vorzugsweise den nachstehenden Bedingungsausdruck (5):

$$-1,00 < f_n/f < -0,15, \quad (5)$$

wobei f_n eine Brennweite der negativen Linse **GN** der ersten Linseneinheit **L1** ist.

[0051] Der Bedingungsausdruck (5) spezifiziert eine Bedingung für eine weitere Größenverringerung des Optiksystems **L0**, während die Aberrationsabweichung bei einer Fokussierung verringert wird.

[0052] Falls die negative Kraft der negativen Linse **GN** so groß wird (d.h., ein Absolutwert der Kraft groß wird), sodass eine obere Grenze des Bedingungsausdruckes (5) überschritten wird, treten eine sphärische Aberration höherer Ordnung und eine Koma-Aberration höherer Ordnung in der negativen Linse **GN** auf, wodurch es schwierig wird, die hohe optische Leistungsfähigkeit zu erzielen.

[0053] Falls die negative Kraft der negativen Linse **GN** so klein wird (d.h., ein Absolutwert der Kraft klein wird), sodass eine untere Grenze des Bedingungsausdruckes (5) unterschritten wird, wird es schwierig, die Änderung der optischen Leistungsfähigkeit bei einer Fokussierung zu verringern. Da eine Wirkung der Gesamtlängenverringerung durch die Teleobjektivanordnung in der ersten Linseneinheit **L1** verringert ist, wird es ferner schwierig, die Gesamtlänge des Objektivs zu verringern.

[0054] Der Bereich des Bedingungsausdruckes (5) ist vorzugsweise auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes (5a) festgelegt, und ist bevorzugter auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes (5b) festgelegt:

$$-0,95 < f_n/f < -0,18, \quad (5a)$$

$$-0,92 < f_n/f < -0,20. \quad (5b)$$

[0055] Ferner erfüllt das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele vorzugsweise den nachstehenden Bedingungsausdruck (6):

$$27,0 < v_n < 41,0, \quad (6)$$

wobei v_n eine Abbe-Zahl hinsichtlich einer d-Linie der negativen Linse **GN** ist.

[0056] Der Bedingungsausdruck (6) betrifft die chromatische Aberration, die in der negativen Linse **GN** auftritt. Bei dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele umfasst die erste Linseneinheit **L1** lediglich das Beugungsoptikbauelement **DOE** und die negative Linse **GN**. Zusätzlich dazu weist die zweite Linseneinheit **L2** eine positive Kraft auf. Bei einer solchen Konfiguration ist eine negative Kraftkomponente in der vorderen Gruppe im Vergleich zu einer Konfiguration klein, bei der die zweite Linseneinheit eine negative Kraft aufweist. Dementsprechend müssen das Beugungsoptikbauelement **DOE** und die negative Linse **GN** eine geeignete chromatische Aberration derart aufweisen, dass die chromatische Aberration auf der Achse und die chromatische Aberration der Vergrößerung, die in der ersten Linseneinheit **L1** in der vorderen Gruppe auftreten, korrigiert werden.

[0057] Falls die Abbe-Zahl der negativen Linse **GN** so groß wird, dass eine obere Grenze des Bedingungsausdruckes (6) überschritten wird, wird eine Zuordnung einer Korrektur der chromatischen Aberration zu dem Beugungsoptikbauelement **DOE** erhöht, und somit tritt leicht eine chromatische sphärische Aberration höherer Ordnung auf. Infolgedessen wird es schwierig, die hohe optische Leistungsfähigkeit zu erzielen.

[0058] Falls die Abbe-Zahl der negativen Linse **GN** so klein wird, dass eine untere Grenze des Bedingungsausdruckes (6) unterschritten wird, wird eine in der negativen Linse **GN** auftretende chromatische Aberration

höherer Ordnung erhöht, und es wird schwierig, die Änderung der optischen Leistungsfähigkeit bei einer Fokussierung zu unterdrücken, was nicht bevorzugt ist.

[0059] Der Bereich des Bedingungsausdruckes **(6)** ist vorzugsweise auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes **(6a)** festgelegt, und ist bevorzugter auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes **(6b)** festgelegt:

$$27,5 < \nu n < 38,0, \quad (6a)$$

$$28,0 < \nu n < 35,0. \quad (6b)$$

[0060] Ferner erfüllt das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele vorzugsweise den nachstehenden Bedingungsausdruck **(7)**:

$$20,0 < f_{\text{doe}}/f < 40,0, \quad (7)$$

wobei f_{doe} eine Brennweite der Beugungsoberfläche des Beugungsoptikbauelements **DOE** durch einen Beugungseffekt ist.

[0061] Der Bedingungsausdruck **(7)** betrifft die Kraft des Beugungsoptikbauelements **DOE** durch eine Beugung, und spezifiziert eine Bedingung zur Erzielung einer herausragenden optischen Leistungsfähigkeit.

[0062] Die Brennweite f_{doe} der Beugungsoberfläche des Beugungsoptikbauelements **DOE** ist durch den Beugungseffekt beschrieben. Eine Phase $\Phi(H)$ der Beugungsoberfläche an einer Position einer Höhe H von der optischen Achse ist durch den nachstehenden Ausdruck **(A)** bereitgestellt:

$$\Phi(H) = (2\pi \times m / \lambda_0) \times (C_2 \times H^2 + C_4 \times H^4 + \dots + C_{2n} \times H^{2n}), \quad (A)$$

wobei m eine Beugungsordnung, λ_0 eine Bezugswellenlänge und C_{2n} ein Phasenkoeffizient ist (n ist eine Ganzzahl von 1 oder größer).

[0063] Ferner ist die optische Kraft ϕ_D eines gebeugten Lichtes einer ersten Ordnung außerhalb der Achse ($m = 1$) bei einer Bezugswellenlänge λ_0 auf der Beugungsoberfläche durch $\phi_D = -2C_2$ ausgedrückt. Somit ist die Brennweite f_{doe} lediglich durch die Beugungskomponente einer beugenden Optikeinheit des Beugungsoptikbauelements **DOE** durch den nachstehenden Ausdruck **(B)** bereitgestellt:

$$f_{\text{doe}} = 1/\phi_D = -1/(2 \times C_2). \quad (B)$$

[0064] Falls die Kraft der Beugungsoberfläche so klein wird, dass eine obere Grenze des Bedingungsausdruckes **(7)** überschritten wird, wird es schwierig, die chromatische Aberration auf der Achse und die chromatische Aberration der Vergrößerung zu korrigieren.

[0065] Falls die Kraft der Beugungsoberfläche so groß wird, dass eine untere Grenze des Bedingungsausdruckes **(7)** unterschritten wird, wird die chromatische Aberration auf der Achse und die chromatische Aberration der Vergrößerung übermäßig korrigiert, was nicht bevorzugt ist. In dem Fall, dass die asphärische Wirkung auf der Beugungsoberfläche zur Korrektur der sphärischen Aberration bereitgestellt ist, tritt ferner die chromatische sphärische Aberration übermäßig auf, was nicht bevorzugt ist.

[0066] Der Bereich des Bedingungsausdruckes **(7)** ist vorzugsweise auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes **(7a)** festgelegt, und ist bevorzugter auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdrucks **(7b)** festgelegt:

$$22,0 < f_{\text{doe}}/f < 36,0, \quad (7a)$$

$$25,0 < f_{\text{doe}}/f < 33,0. \quad (7b)$$

[0067] Ferner erfüllt das Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele vorzugsweise den nachstehenden Bedingungsausdruck (8):

$$0,10 < \text{skd}/f < 0,40, \quad (8)$$

wobei skd der rückwärtige Fokus des Optiksystems **L0** ist.

[0068] Der Bedingungsausdruck (8) betrifft den rückwärtigen Fokus des Optiksystems **L0**. Falls die vordere Gruppe (d.h., die erste Linseneinheit **L1** und die zweite Linseneinheit **L2**), die eine positive Kraft aufweisen, und die hintere Gruppe (d.h., die dritte Linseneinheit **L3**), die eine negative Kraft aufweist, benachbart angeordnet sind, werden die Kraft der vorderen Gruppe und der rückwärtigen Gruppe erhöht, und somit kann die Gesamtlänge des Objektivs durch eine Verschiebung einer bildseitigen Hauptpunktposition zu der Objektseite hin verringert werden.

[0069] Falls der Wert von skd/f so groß wird, dass die untere Grenze des Bedingungsausdrucks (8) unterschritten wird, wird der Abstand zwischen der vorderen Gruppe (d.h., der ersten Linseneinheit **L1** und der zweiten Linseneinheit **L2**) und der hinteren Gruppe (d.h., der dritten Linseneinheit) erhöht, und die Kraft jeder der Linseneinheiten wird ebenso verringert. Somit wird es schwierig, die Gesamtlänge des Objektivs zu verringern.

[0070] Falls der Wert von skd/f so klein wird, dass eine obere Grenze des Bedingungsausdrucks (8) überschritten wird, wird die Kraft jeder der Gruppen übermäßig groß, und somit wird es schwierig, die hohe optische Leistungsfähigkeit zu erzielen.

[0071] Der Bereich des Bedingungsausdruckes (8) ist vorzugsweise auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes (8a) festgelegt, und ist bevorzugter auf einen Bereich des nachstehenden Bedingungsausdruckes (8b) festgelegt:

$$0,12 < \text{skd}/f < 0,35, \quad (8a)$$

$$0,14 < \text{skd}/f < 0,30. \quad (8b)$$

[0072] Nachstehend ist eine Konfiguration bei dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele beschrieben.

[0073] Eine Konfiguration des Beugungsoptiksystems **DOE** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele ist beschrieben. Bei den ersten, zweiten, dritten und fünften exemplarischen Ausführungsbeispielen umfasst das Beugungsoptikbauelement **DOE** eine bikonvexe Linse und eine negative Linse. Die negative Linse ist auf der Bildseite der bikonvexen Linse gekittet, und weist eine Meniskusform auf, bei der deren konkave Oberfläche zu der Objektseite gerichtet ist. Die Beugungsoberfläche des Beugungsoptikbauelements **DOE** ist auf deren gekitteter Oberfläche bereitgestellt. Bei dem vierten exemplarischen Ausführungsbeispiel umfasst das Beugungsoptikbauelement **DOE** eine bikonvexe Linse mit der Beugungsoberfläche auf der Bildseite.

[0074] Die zweite Linseneinheit **L2** ist nachstehend beschrieben. Bei jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele umfasst die zweite Linseneinheit **L2** lediglich eine positive Linse. Da die zweite Linseneinheit **L2** lediglich eine positive Linse umfasst, wird das Gewicht der zweiten Linseneinheit **L2** verringert. Somit kann eine Fokussierung mit einer hohen Geschwindigkeit durchgeführt werden.

[0075] Nachstehend ist die dritten Linseneinheit **L3** beschrieben. Bei dem Optiksystem **L0** gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele kann eine Bildstabilisierung durch eine Bewegung senkrecht zu der optischen Achse eines Teils der Linsen erzielt werden, die in der dritten Linseneinheit **L3** umfasst sind. Bei jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele wird die Bildstabilisierung durch eine Bewegung einer gekitteten Linse senkrecht zu der optischen Achse durchgeführt, die in der dritten Linseneinheit **L3** umfasst ist. Die gekittete Linse umfasst eine bikonkav Linse und eine positive Linse mit einer Meniskusform, bei der die konvexe Oberfläche zu der Bildseite gerichtet ist.

[0076] Nachstehend sind erste bis fünfte numerische Beispiele beschrieben, die jeweils den ersten bis fünften exemplarischen Ausführungsbeispielen entsprechen.

[0077] Bei den Oberflächendaten jedes der numerischen Beispiele bezeichnet r einen Krümmungsradius jeder optischen Oberfläche, und d bezeichnet in Millimetern (mm) einen Abstand auf der Achse (d.h., einen Abstand auf der optischen Achse) zwischen der m -ten Oberfläche und der $(m+1)$ -ten Oberfläche, wobei m eine Oberflächennummer ist, die von einer Lichteinfallseite her gezählt wird. Ferner bezeichnet nd einen Brechungsindex jedes der optischen Bauelemente hinsichtlich der d -Linie, und vd bezeichnet eine Abbe-Zahl jedes der Optikelemente.

[0078] Bei jedem der numerischen Beispiele sind ein Abstand d auf der Achse, eine Brennweite in Millimetern (mm), eine F-Zahl und ein halber Bildfeldwinkel in Grad ($^{\circ}$) alles Werte, falls das Optiksystem gemäß jedem der exemplarischen Ausführungsbeispiele auf ein Objekt bei unendlich fokussiert ist. Der rückwärtige Fokus BF ist ein Abstand von der letzten Linsenoberfläche zu der Abbildungsebene. Die Gesamtlänge des Objektivs (d.h., eine Gesamtlänge L des Optiksystems **L0**) ist ein Wert, der durch Addieren des rückwärtigen Fokus zu dem Abstand von der ersten Linsenoberfläche zu der letzten Linsenoberfläche erlangt wird.

[0079] Bei den Oberflächendaten gemäß jedem der numerischen Beispiele ist bei der optischen Oberfläche, die als die Beugungsoberfläche dient, ein „(Beugung)“ hinter der Oberflächennummer hinzugefügt.

[Erstes numerisches Beispiel]

[0080] Einheit mm
Oberflächendaten

Oberflächennummer	r	d	nd	vd	Effektive Apertur
1	78,602	15,51	1,48749	70,2	71,34
2(Beugung)	-209,211	3,50	1,83481	42,7	70,04
3	-738,700	83,55			68,93
4	-59,111	2,00	1,90366	31,3	32,54
5	-125,999	(veränderlich)			32,74
6	91,988	3,13	1,54072	47,2	30,00
7	-1133,476	(veränderlich)			29,66
8(Blende)	unendlich	5,53			19,19
9	-100,065	1,00	1,90043	37,4	17,53
10	39,579	3,92	1,51742	52,4	17,34
11	-39,790	10,22			17,35
12	-66,970	2,16	2,00100	29,1	17,75
13	-26,838	1,32	1,77250	49,6	17,97
14	53,830	4,67			18,37
15	62,566	2,77	1,59270	35,3	20,69
16	-142,343	123,14			20,94
Abbildungsebene unendlich					

Beugungsoberflächendaten

Zweite Oberfläche (Beugungsoberfläche)

[0081] $C_2 = -3,29884\text{e-}005$, $C_4 = 4,36686\text{e-}009$, $C_6 = -7,88819\text{e-}013$, $C_8 = -7,31492\text{e-}016$, $C_{10} = 3,22851\text{e-}019$

Verschiedene Daten

Brennweite		585,00
F-Zahl		8,20
Halber Bildfeldwinkel (°)		2,12
Bildhöhe		21,64
Gesamtlänge des Objektivs		319,25
BF		123,14
	Fokussierung auf ein Objekt bei unendlich	Fokussierung auf ein Objekt mit einem Abstand von 6 m
d5	35,74	24,90
d7	21,10	31,94
Position der Eintrittspupille		673,19
Position der Austrittspupille		-29,25
Vordere Hauptpunktposition		-987,42
Hintere Hauptpunktposition		-461,86

Linseneinheitendaten

Linseneinheit	Startoberfläche	Brennweite	Objektivstrukturlänge	Vordere Hauptpunktposition	Hintere Hauptpunktposition
L1	1	464,67	104,56	-355,11	-257,25
L2	6	157,49	3,13	0,15	-1,88
L3	8	-92,36	31,58	1,89	-27,40

[Zweites numerisches Beispiel]

[0082] Einheit mm

Oberflächendaten

Oberflächennummer	r	d	nd	vd	Effektive Apertur
1	70,844	9,01	1,48749	70,2	47,56
2(Beugung)	-303,177	3,00	1,80610	33,3	46,64
3	-738,700	47,54			46,06
4	-65,330	2,00	1,90366	31,3	29,87
5	-83,586	(veränderlich)			29,98
6	65,692	2,44	1,51633	64,1	24,99
7	135,525	(veränderlich)			24,48
8(Blende)	unendlich	5,53			17,07
9	-344,288	1,00	1,95375	32,3	15,19
10	31,093	3,35	1,51742	52,4	14,88
11	-62,419	11,45			14,92
12	-58,776	2,19	2,00100	29,1	16,58
13	-23,279	1,32	1,77250	49,6	16,83
14	45,467	4,23			17,37

Oberflächennummer	r	d	nd	vd	Effektive Apertur
15	53,077	2,81	1,64769	33,8	19,96
16	-153,513	101,37			20,25
Abbildungsebene unendlich					

Beugungsoberflächendaten

Zweite Oberfläche (Beugungsoberfläche)

[0083] C2 = -4,67285e-005, C4 = 1,06360e-008, C6 = -2,54280e-012, C8 = -1,35285e-014, C10 = 1,20444e-017

Verschiedene Daten

Brennweite		390,00	
F-Zahl		8,20	
Halber Bildfeldwinkel (°)		3,18	
Bildhöhe		21,64	
Gesamtlänge des Objektivs		239,25	
BF		101,37	
	Fokussierung auf ein Objekt bei unendlich	Fokussierung auf ein Objekt mit einem Abstand von 5 m	
d5	26,47		18,35
d7	15,55		23,67
Position der Eintrittspupille			282,61
Position der Austrittspupille			-29,47
Vordere Hauptpunktposition			-489,88
Hintere Hauptpunktposition			-288,63

Linseneinheitendaten

Linseneinheit	Startoberfläche	Brennweite	Objektivstrukturlänge	Vordere Hauptpunktposition	Hintere Hauptpunktposition
L1	1	193,96	61,55	-27,92	-74,23
L2	6	244,01	2,44	-1,50	-3,09
L3	8	-70,85	31,86	4,14	-25,56

[Drittes numerisches Beispiel]

[0084] Einheit mm
Oberflächendaten

Oberflächennummer	r	d	nd	vd	Effektive Apertur
1	113,931	13,16	1,48749	70,2	70,91
2(Beugung)	-176,722	3,50	1,80400	46,6	70,06
3	-331,361	96,70			69,53
4	-87,176	2,00	1,95375	32,3	35,42

Oberflächennummer	r	d	nd	vd	Effektive Apertur
5	-192,131	(veränderlich)			35,52
6	158,595	2,81	1,51633	64,1	29,71
7	-347,032	(veränderlich)			29,46
8(Blende)	unendlich	5,53			19,29
9	-76,700	1,00	1,88300	40,8	18,02
10	44,414	4,13	1,51742	52,4	17,96
11	-33,981	34,47			18,11
12	-73,377	2,12	2,00069	25,5	18,67
13	-29,742	1,32	1,77250	49,6	18,85
14	56,213	2,00			19,18
15	59,880	2,57	1,58144	40,8	20,07
16	-238,984	127,73			20,29
Abbildungsebene unendlich					

Beugungsoberflächendaten

Zweite Oberfläche (Beugungsoberfläche)

[0085] C2 = -2,22456e-005, C4 = 1,67106e-009, C6 = 6,28781e-013, C8 = -1,09699e-015, C10 = 3,78650e-019

Verschiedene Daten

Brennweite		780,00
F-Zahl		11,00
Halber Bildfeldwinkel (°)		1,59
Bildhöhe		21,64
Gesamtlänge des Objektivs		389,25
BF		127,73
	Fokussierung auf ein Objekt bei unendlich	Fokussierung auf ein Objekt mit einem Abstand von 7 m
d5	75,53	59,45
d7	14,68	30,77
Position der Eintrittspupille		892,94
Position der Austrittspupille		-41,29
Vordere Hauptpunktposition		-1926,54
Hintere Hauptpunktposition		-652,27

Linseneinheitendaten

Linseneinheit	Startoberfläche	Brennweite	Objektivstrukturlänge	Vordere Hauptpunktposition	Hintere Hauptpunktposition
L1	1	488,71	115,36	-300,36	-253,34
L2	6	211,21	2,81	0,58	-1,27
L3	8	-84,82	53,14	20,32	-24,90

[Viertes numerisches Beispiel]

[0086] Einheit mm

Oberflächendaten

Oberflächennummer	r	d	nd	vd	Effektive Apertur
1	82,611	10,67	1,48749	70,2	55,03
2(Beugung)	-382,988	49,69			53,93
3	-80,743	2,00	1,80610	33,3	34,06
4	-492,100	(veränderlich)			33,98
5	211,302	2,51	1,51742	52,4	32,02
6	-1159,477	(veränderlich)			31,81
7(Blende)	unendlich	5,53			19,14
8	-4485,184	1,00	1,90043	37,4	18,09
9	43,868	3,53	1,51742	52,4	17,90
10	-65,315	31,59			17,86
11	-78,086	2,04	2,00100	29,1	18,62
12	-32,066	1,32	1,77250	49,6	18,79
13	62,309	2,97			19,11
14	-65,732	2,51	1,59270	35,3	20,37
15	-257,055	134,40			20,57
Abbildungsebene unendlich					

Beugungsoberflächendaten

[0087] Zweite Oberfläche (Beugungsoberfläche)**[0088]** C2 = -2,71139e-005, C4 = -5,97321e-009, C6 = 1,52580e-011, C8 = -2,83014e-014, C10 = 1,67271e-017

Verschiedene Daten

Brennweite		585,00
F-Zahl		10,99
Halber Bildfeldwinkel (°)		2,12
Bildhöhe		21,64
Gesamtlänge des Objektivs		334,87
BF		134,40

	Fokussierung auf ein Objekt bei unendlich	Fokussierung auf ein Objekt mit einem Abstand von 6 m
d4	46,96	26,32
d6	38,13	58,77
Position der Eintrittspupille		477,43
Position der Austrittspupille		-41,60
Vordere Hauptpunktposition		-881,96
Hintere Hauptpunktposition		-450,59

Linseneinheitendaten

Linsen-einheit	Startoberfläche	Brennweite	Objektiv-strukturlänge	Vordere Haupt-punktposition	Hintere Haupt-punktposition
L1	1	464,67	62,37	-212,97	-185,89
L2	5	345,64	2,51	0,26	-1,40
L3	7	-139,92	50,49	25,77	-19,84

[Fünftes numerisches Beispiel]

[0089] Einheit mm
Oberflächendaten

Oberflächen-nummer	r	d	nd	vd	Effektive Apertur
1	65,475	10,66	1,48749	70,2	47,56
2(Beugung)	-105,351	2,50	1,67790	55,3	46,66
3	-269,692	50,88			45,96
4	-62,366	1,40	1,72825	28,5	25,46
5	-535,670	(veränderlich)			25,35
6	127,047	1,62	1,51742	52,4	24,14
7	12888,359	(veränderlich)			24,00
8(Blende)	unendlich	3,69			18,95
9	-163,699	1,10	1,69680	55,5	18,21
10	36,526	3,26	1,51742	52,4	18,00
11	-59,263	25,51			17,96
12	-345,769	2,54	1,80610	33,3	19,32
13	-35,434	1,10	1,77250	49,6	19,43
14	62,052	13,52			19,66
15	77,810	2,12	1,57501	41,5	24,95
16	1643,939	92,99			25,08
Abbildungsebene unendlich					

Beugungsoberflächendaten

Zweite Oberfläche (Beugungsoberfläche)

[0090] $C_2 = -4,19396e-005$, $C_4 = 3,13194e-009$, $C_6 = 2,06084e-011$, $C_8 = -6,06674e-014$, $C_{10} = 4,52640e-017$

Verschiedene Daten

Brennweite		390,00
F-Zahl		8,20
Halber Bildfeldwinkel ($^{\circ}$)		3,18
Bildhöhe		21,64
Gesamtlänge des Objektivs		250,00
BF		92,99
	Fokussierung auf ein Objekt bei unendlich	Fokussierung auf ein Objekt mit einem Abstand von 5 m
d5	27,12	11,75
d7	10,01	25,37
Position der Eintrittspupille		296,21
Position der Austrittspupille		-51,13
Vordere Hauptpunktposition		-369,19
Hintere Hauptpunktposition		-297,01

Linseneinheitendaten

Tabelle 1 fasst die verschiedenen Werte der numerischen Beispiele zusammen.

Linseneinheit	Startoberfläche	Brennweite	Objektivstrukturlänge	Vordere Hauptpunktposition	Hintere Hauptpunktposition
L1	1	359,56	65,44	-215,08	-172,39
L2	6	247,97	1,62	-0,01	-1,08
L3	8	-169,97	52,84	11,45	-40,40

[Tabelle 1]

	Erstes numerisches Beispiel	Zweites numerisches Beispiel	Drittes numerisches Beispiel	Viertes numerisches Beispiel	Fünftes numerisches Beispiel
Bedingungsausdruck (1)	-0,16	-0,18	-0,11	-0,24	-0,44
Bedingungsausdruck (2)	0,79	0,61	0,63	0,79	0,92
Bedingungsausdruck (3)	0,55	0,61	0,50	0,57	0,64
Bedingungsausdruck (4)	0,27	0,63	0,27	0,59	0,64
Bedingungsausdruck (5)	-0,21	-0,90	-0,22	-0,21	-0,25

	Erstes numerisches Beispiel	Zweites numerisches Beispiel	Drittes numerisches Beispiel	Viertes numerisches Beispiel	Fünftes numerisches Beispiel
Bedingungsausdruck (6)	31,30	31,30	32,30	33,30	28,50
Bedingungsausdruck (7)	25,90	27,40	28,80	31,50	30,60
Bedingungsausdruck (8)	0,21	0,26	0,16	0,23	0,24

[Abbildungsgerät]

[0091] Nachstehend ist ein exemplarisches Ausführungsbeispiel einer Digitalfotokamera (d.h., einem Abbildungsgerät) unter Bezugnahme auf **Fig. 11** beschrieben, das das Optiksystem gemäß einem der exemplarischen Ausführungsbeispiele als dem Abbildungsoptiksystem verwendet. In **Fig. 11** sind ein Kamerakörper **10** und ein Abbildungsoptiksystem **11** mit dem Optiksystem, das bei jedem der ersten bis fünften exemplarischen Ausführungsbeispiele beschrieben ist, veranschaulicht. Eine Festkörperabbildungsvorrichtung (d.h., eine fotoelektrische Umwandlungsvorrichtung) **12**, die ein CCD-Sensor, ein CMOS-Sensor oder dergleichen ist, ist in dem Kamerakörper **10** umfasst. Die Festkörperabbildungsvorrichtung **12** empfängt ein durch das Abbildungsoptiksystem **11** ausgebildetes optisches Bild, und wandelt dieses fotoelektrisch um. Der Kamerakörper **10** kann eine sogenannte Einzelobjektiv-Spiegelreflexkamera mit einem Klappspiegel sein, oder eine sogenannte spiegellose Kamera, die keinen Klappspiegel umfasst.

[0092] Gemäß der vorstehenden Beschreibung wird das Optiksystem gemäß einem der exemplarischen Ausführungsbeispiele auf das Abbildungsgerät wie etwa einer Digitalkamera angewendet, was es ermöglicht, ein Abbildungsgerät mit einer geringen Größe und geringem Gewicht zu erzielen, das eine herausragende optische Leistungsfähigkeit aufweist, die bei einer Fokussierung wenig geändert wird.

[0093] Obwohl vorstehend die exemplarischen Ausführungsbeispiele und numerischen Beispiele der Erfindung beschrieben sind, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die exemplarischen Ausführungsbeispiele und die numerischen Beispiele begrenzt, und verschiedene Kombinationen, Abwandlungen und Abänderungen können innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung ausgeführt werden.

[0094] Obgleich die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die exemplarischen Ausführungsbeispiele beschrieben ist, muss die Erfindung als nicht auf die offenbarten exemplarischen Ausführungsbeispiele begrenzt erachtet werden. Dem Umfang der nachstehenden Patentansprüche muss die weiteste Interpretation zuerkannt werden, sodass alle solchen Abwandlungen und äquivalenten Strukturen und Wirkungen umfasst sind.

[0095] Ein Optiksystem umfasst eine erste Einheit mit einer positiven Kraft, eine zweite Linseneinheit mit einer positiven Kraft, die während einer Fokussierung bewegt wird, und eine dritte Linseneinheit mit einer negativen Kraft, die in dieser Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite hin angeordnet sind. Ein Abstand zwischen benachbarten Linseneinheiten auf einer optischen Achse des Optiksystems wird während einer Fokussierung verändert. Die erste Linseneinheit besteht aus einem Beugungsoptikbauelement und einer negativen Linse, die in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite hin angeordnet sind. Die negative Linse weist eine Meniskusform auf, bei der eine konkave Oberfläche der Objektseite zugewandt ist.

Patentansprüche

1. Optiksystem mit einer ersten Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft, einer zweiten Linseneinheit mit einer positiven Brechkraft und einer dritten Linseneinheit mit einer negativen Brechkraft, die in einer Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite hin angeordnet sind, wobei:

die zweite Linseneinheit sich während einer Fokussierung derart bewegt, dass sich Abstände zwischen benachbarten Linseneinheiten auf der optischen Achse des Optiksystems ändern, und

die erste Linseneinheit aus einem Beugungsoptikbauelement und einer negativen Linse besteht, die in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite hin angeordnet sind, wobei die negative Linse eine Meniskusform aufweist, bei der eine konkave Oberfläche der Objektseite zugewandt ist.

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

$$-0,55 < f_3/f < -0,06,$$

wobei f_3 eine Brennweite der dritten Linseneinheit und f eine Brennweite des Optiksystems ist.

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

$$0,50 < f_1/f < 1,00,$$

wobei f_1 eine Brennweite der ersten Linseneinheit und f eine Brennweite des Optiksystems ist.

4. Optiksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$0,40 < L/f < 0,70,$$

wobei L eine Gesamtlänge des Optiksystems und f eine Brennweite des Optiksystems ist.

5. Optiksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$0,18 < f_2/f < 0,75,$$

wobei f_2 eine Brennweite der zweiten Linseneinheit und f eine Brennweite des Optiksystems ist.

6. Optiksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$-1,00 < f_n/f < -0,15,$$

wobei f_n eine Brennweite der negativen Linse und f eine Brennweite des Optiksystems ist.

7. Optiksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$27,0 < v_n < 41,0,$$

wobei v_n eine Abbe-Zahl der negativen Linse hinsichtlich einer d-Linie ist.

8. Optiksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$20,0 < f_{doe}/f < 40,0,$$

wobei f_{doe} eine Brennweite einer Beugungsüberfläche des Beugungsoptikbauelements ist, und f eine Brennweite des Optiksystems ist.

9. Optiksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der nachstehende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$0,10 < skd/f < 0,40,$$

wobei skd rückwärtiger Fokus des Optiksystems und f eine Brennweite des Optiksystems ist.

10. Optiksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die zweite Linseneinheit aus einer positiven Linse besteht.

11. Abbildungsgerät mit:
einem Optiksystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, und

einer Abbildungsvorrichtung, die dazu eingerichtet ist, ein durch das Optiksystem ausgebildetes optisches Bild fotoelektrisch umzuwandeln.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

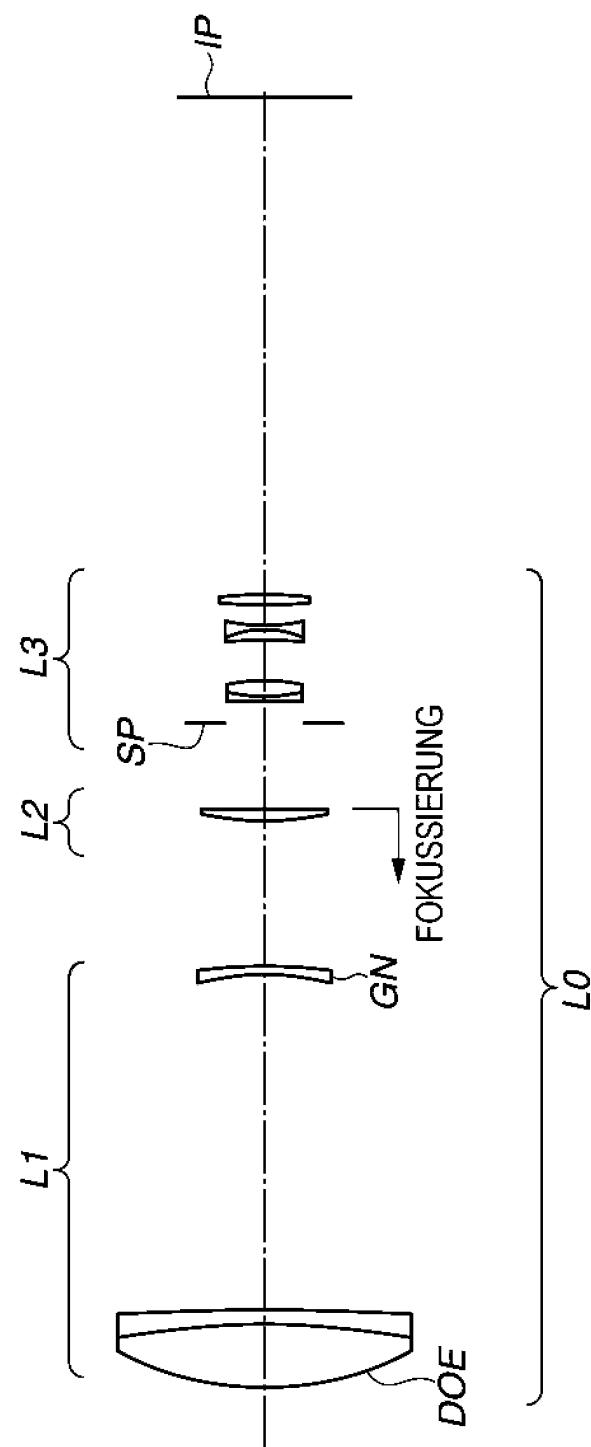


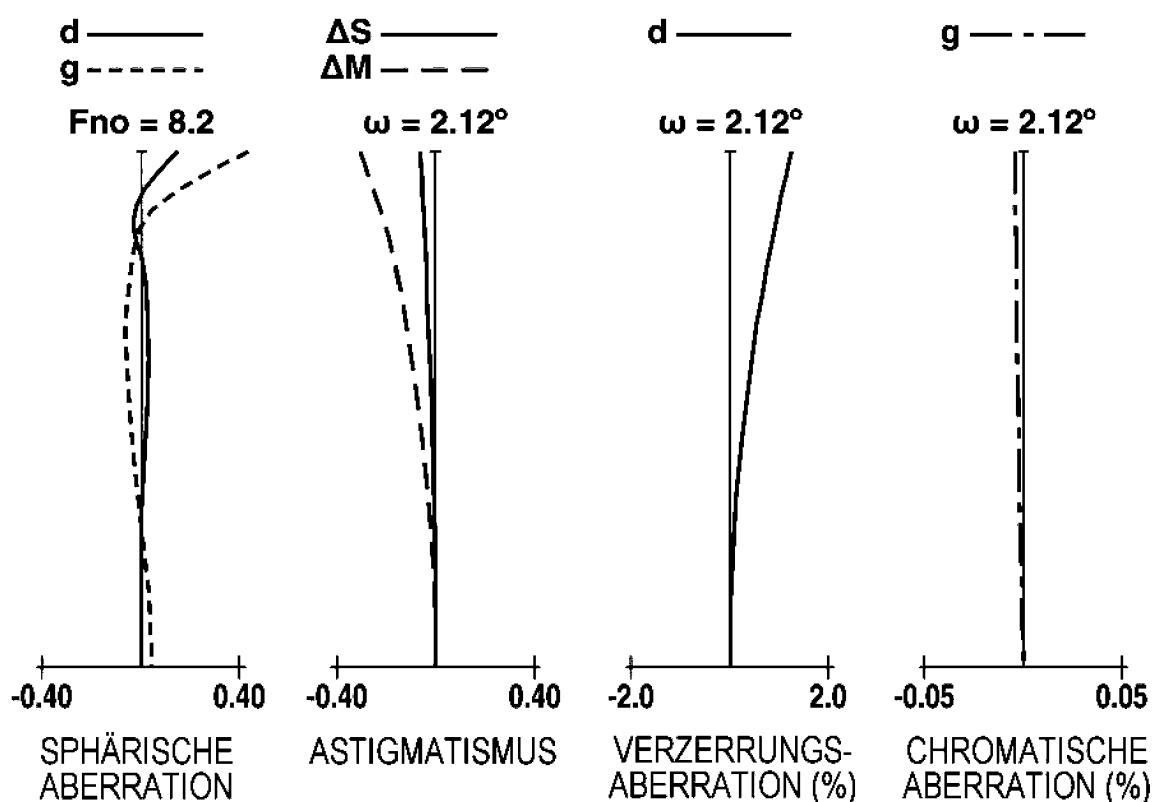
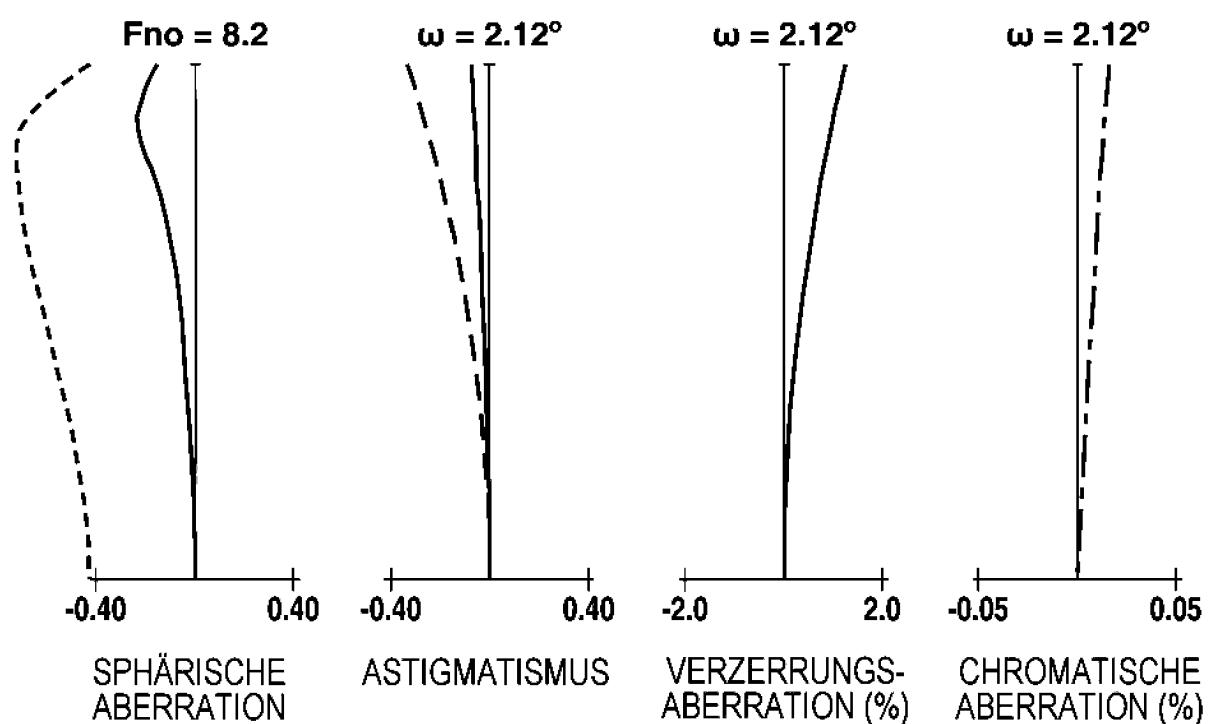
FIG.2A**FIG.2B**

FIG.3

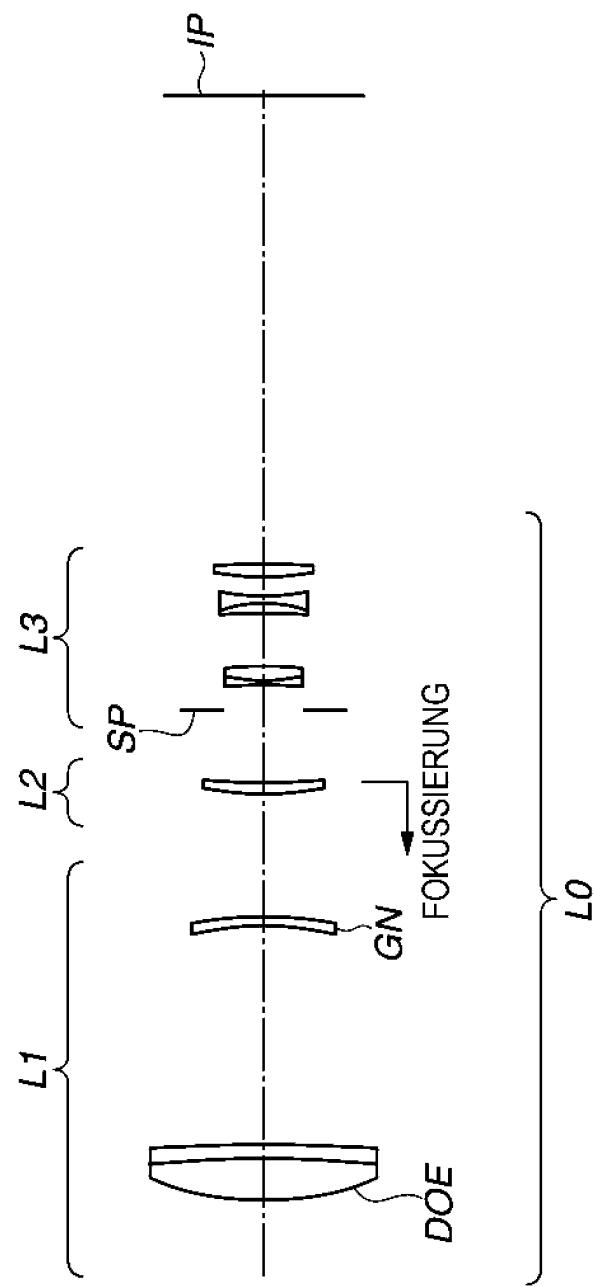


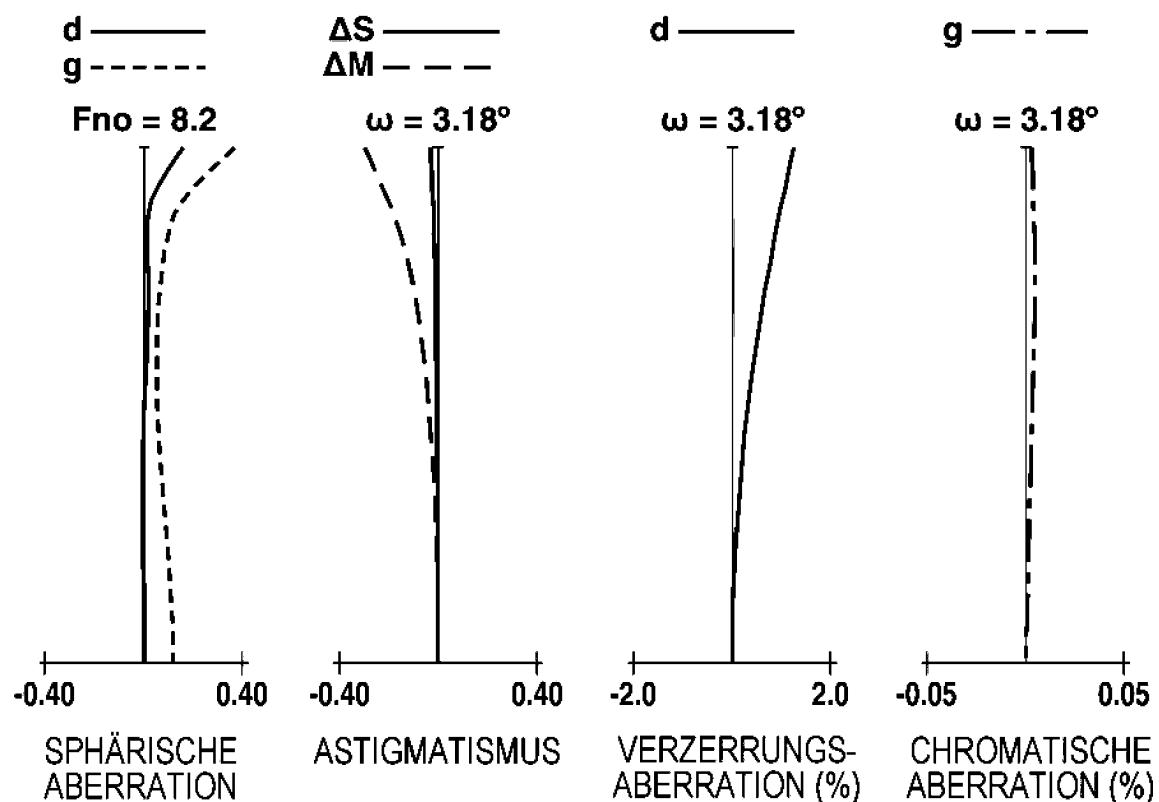
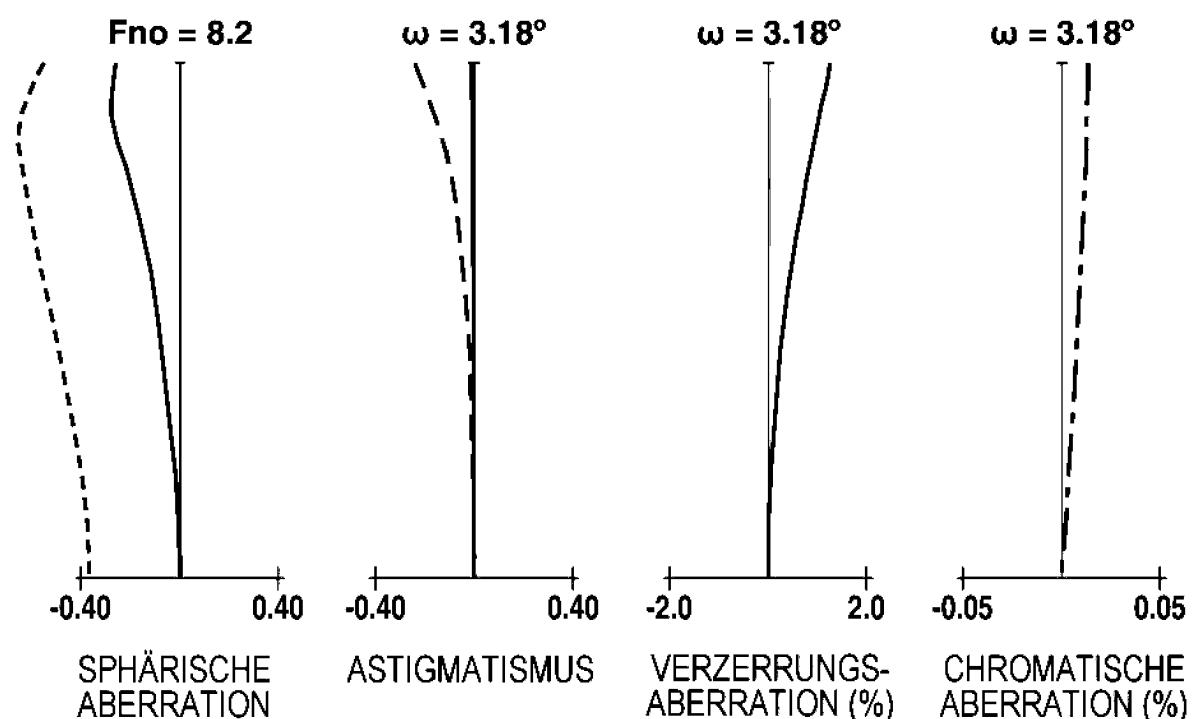
FIG.4A**FIG.4B**

FIG.5

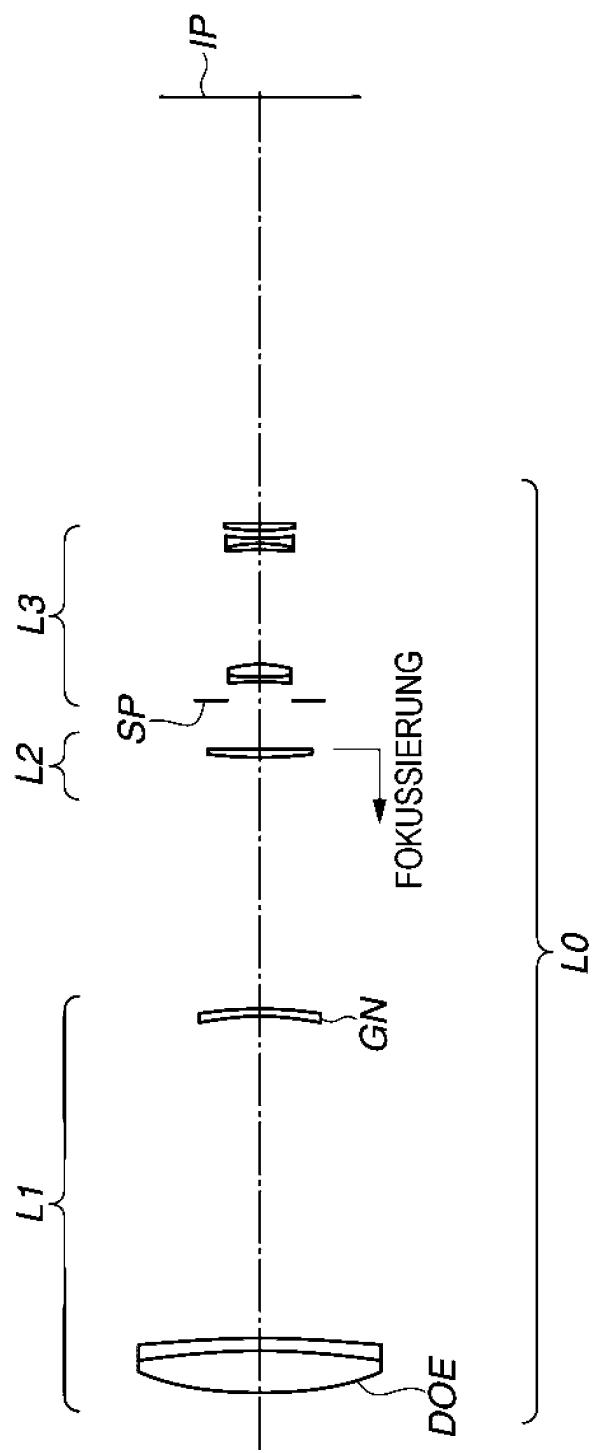


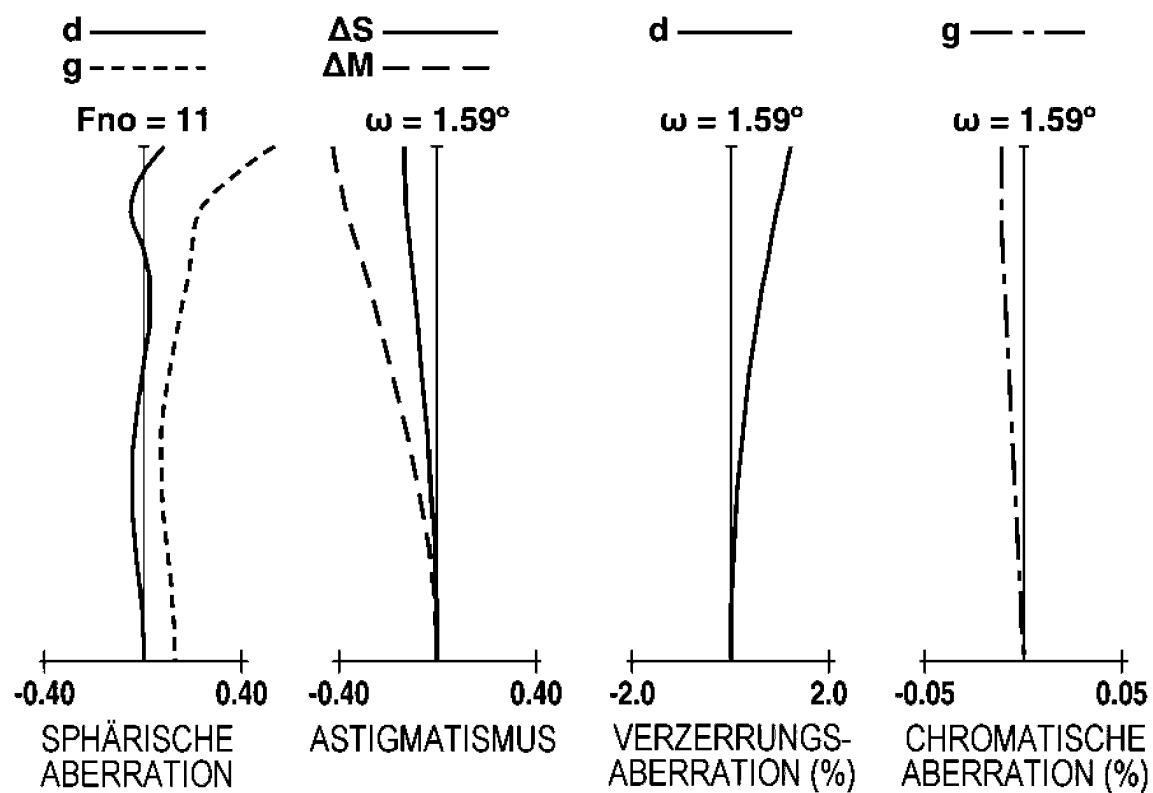
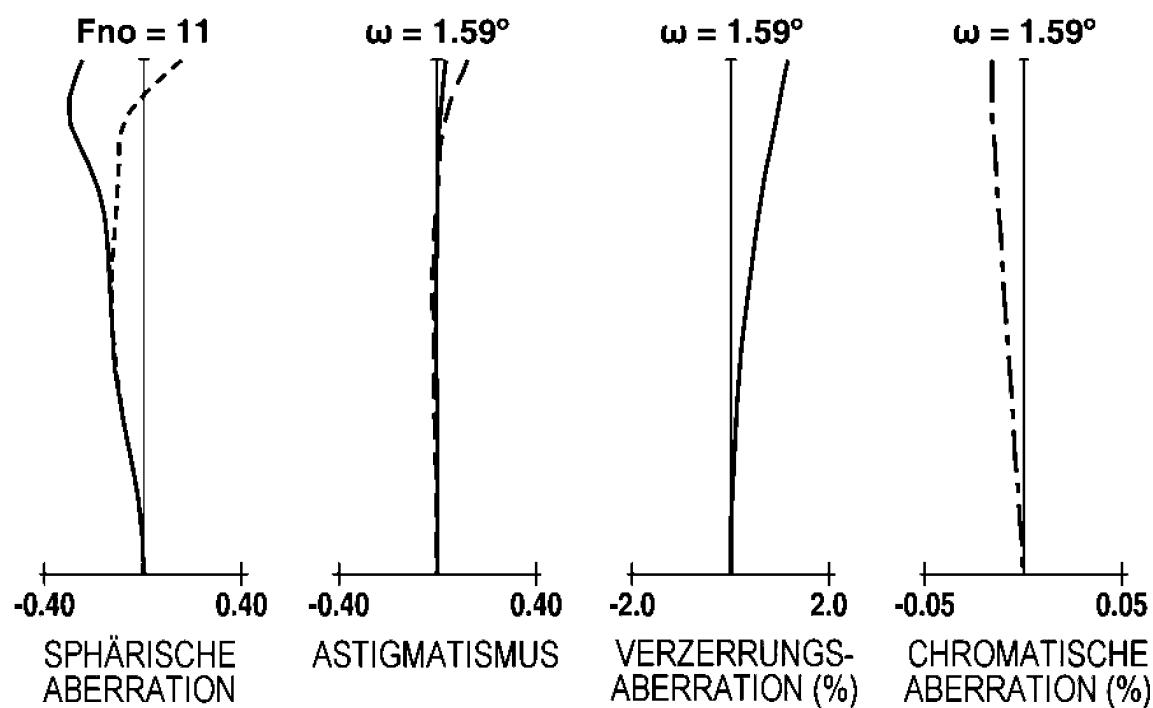
FIG.6A**FIG.6B**

FIG.7

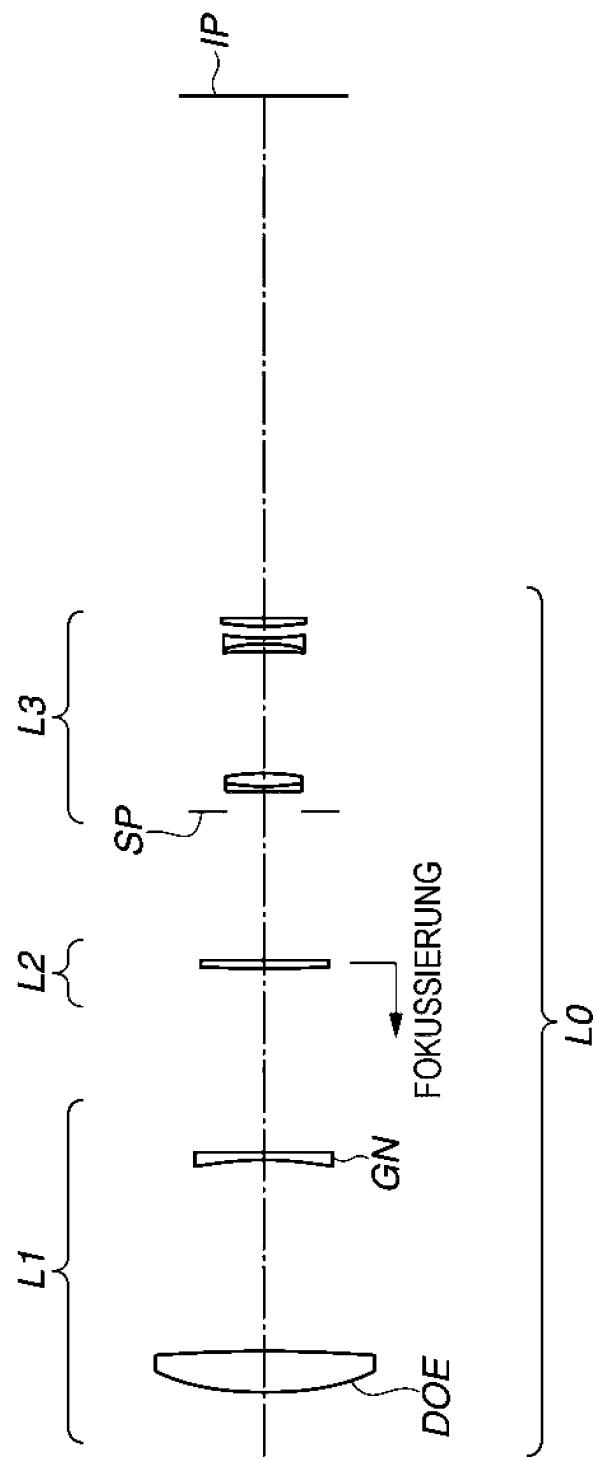


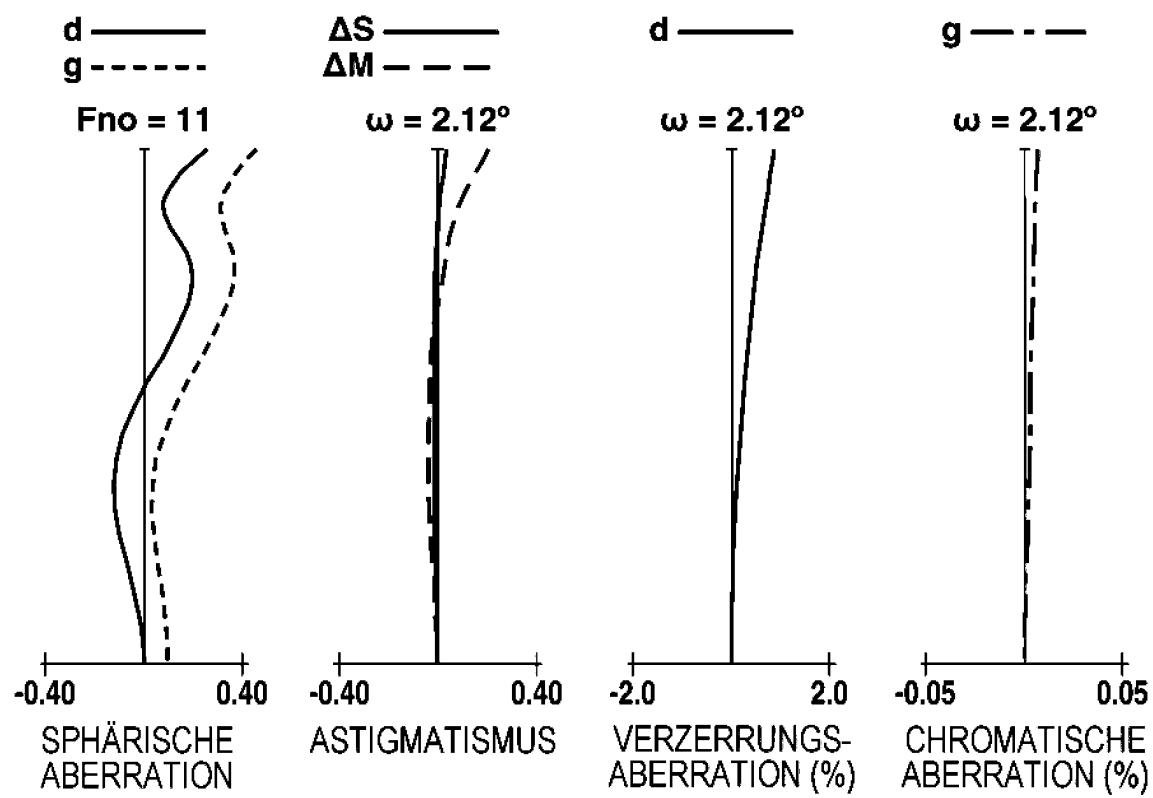
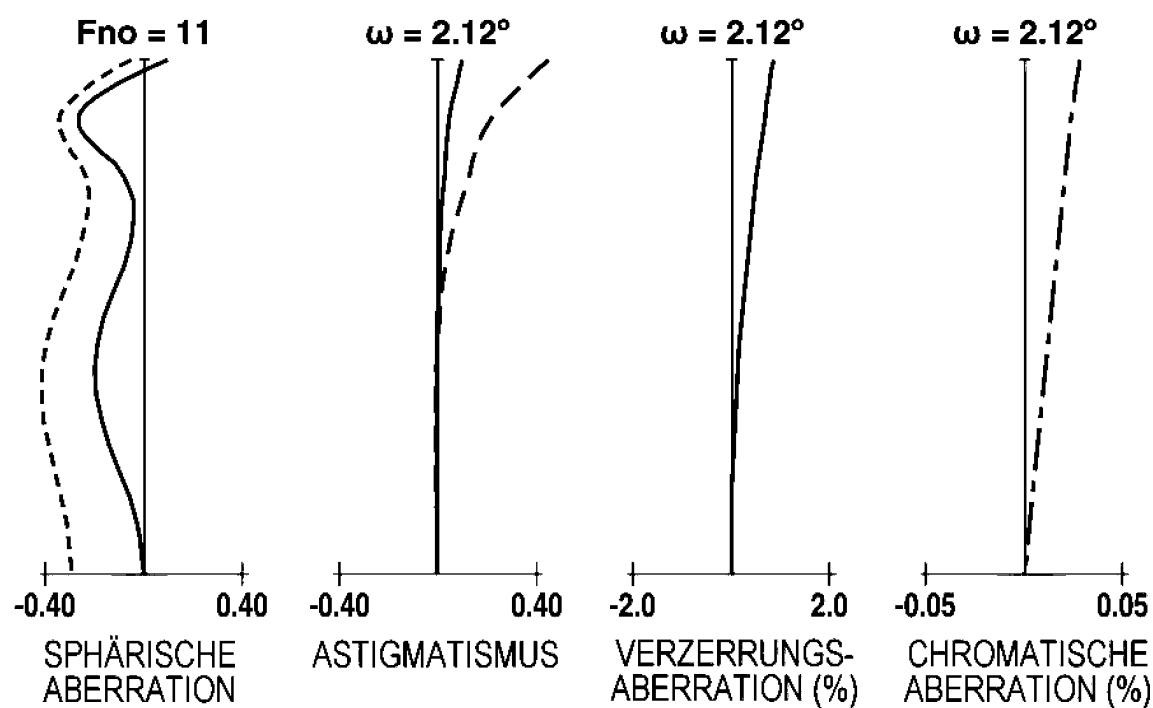
FIG.8A**FIG.8B**

FIG.9

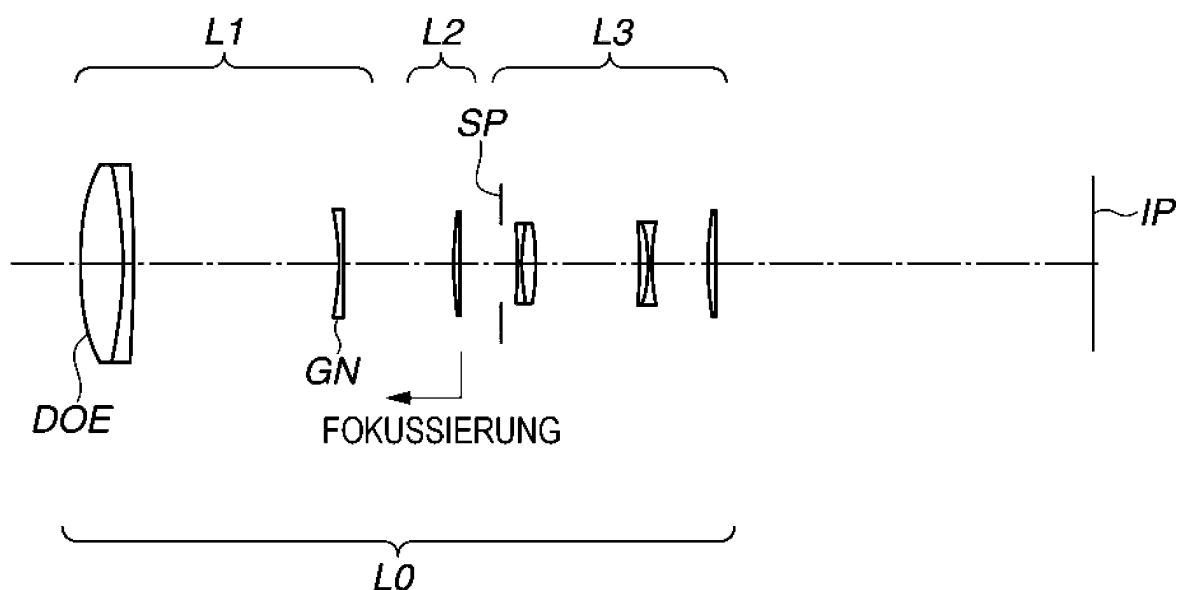


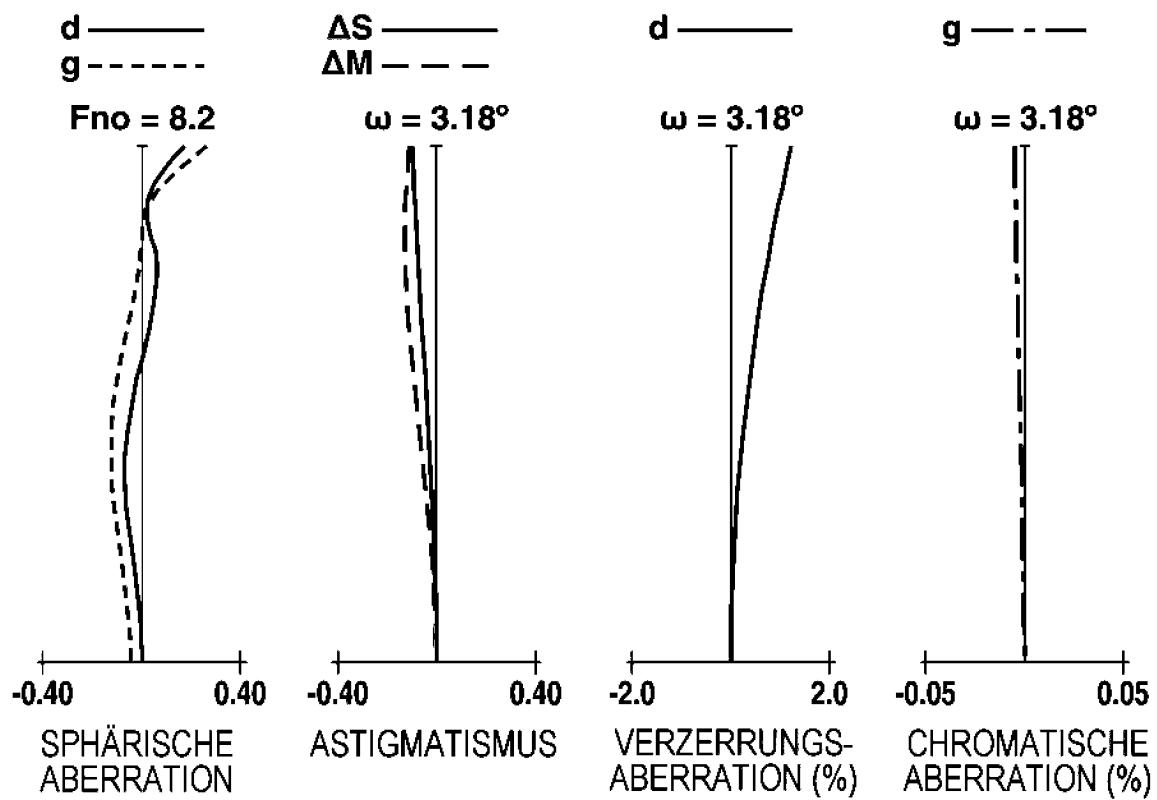
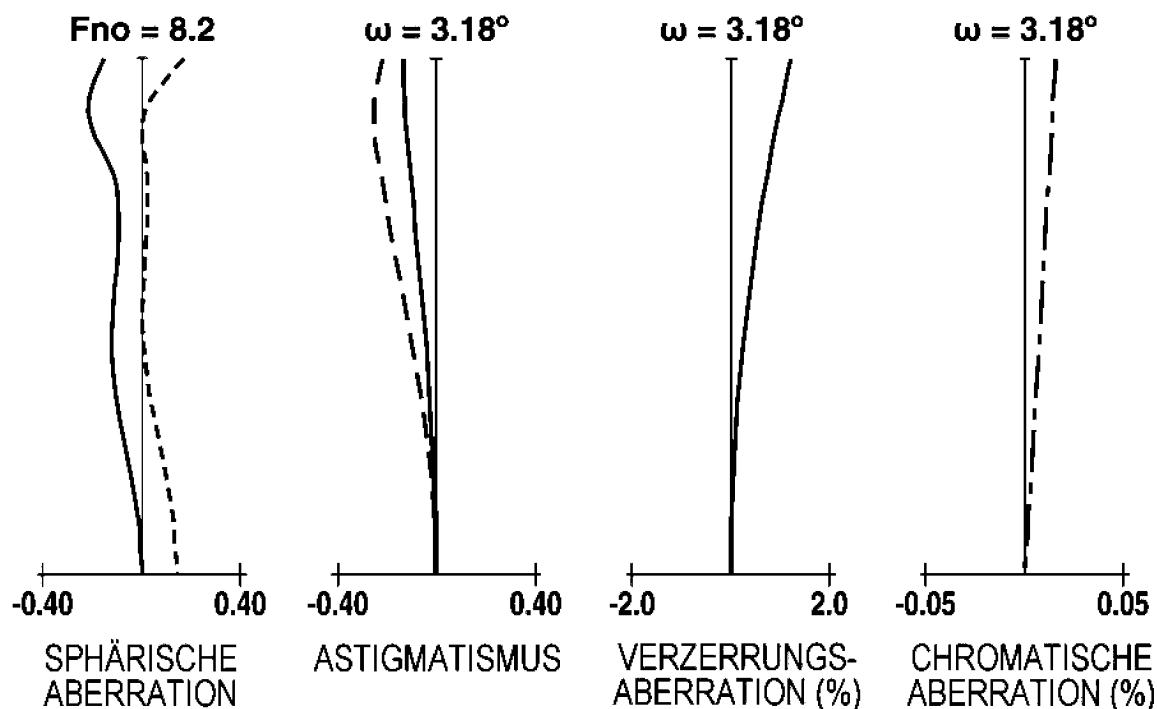
FIG.10A**FIG.10B**

FIG.11

