(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 42 603 B4** 2007.04.12

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 42 603.8**
(22) Anmeldetag: **31.08.2001**
(43) Offenlegungstag: **14.03.2002**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **12.04.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***G02B 13/04*** (2006.01)
G02B 9/00 (2006.01)
G02B 15/16 (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2000-265256 01.09.2000 JP

(73) Patentinhaber:
Pentax Corp., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Schaumburg, Thoenes, Thurn, Landskron, 81679 München

(72) Erfinder:
Murata, Masayuki, Tokio/Tokyo, JP; Ito, Takayuki, Tokio/Tokyo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
US 60 78 435 A

(54) Bezeichnung: **Weitwinkellinsensystem und Verfahren zum Fokussieren desselben**

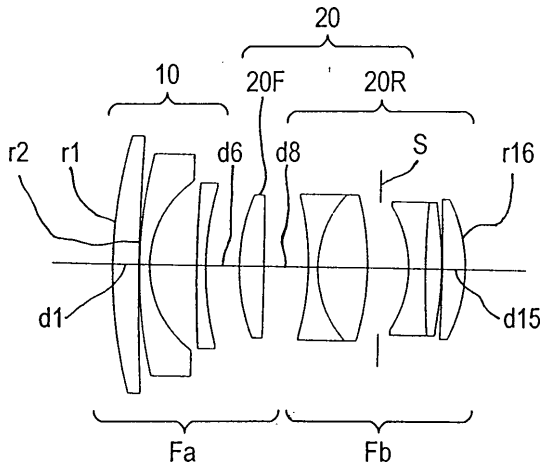
(57) Hauptanspruch: Weitwinkellinsensystem mit einer negativen ersten Linsengruppe (10) und einer positiven zweiten Linsengruppe (20), die in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen angeordnet sind, wobei
die positive zweite Linsengruppe (20) eine positive vordere Unterlinsengruppe (20F) und eine positive hintere Unterlinsengruppe (20R) enthält, die in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass
beim Fokussieren ausgehend von einer unendlichen Objektentfernung hin zu einer geringeren Objektentfernung eine erste Fokussierlinsengruppe (Fa), welche die erste Linsengruppe (10) und die mit dieser einstückig bewegbare positive vordere Unterlinsengruppe (20F) der zweiten Linsengruppe (20) enthält, und eine zweite Fokussierlinsengruppe (Fb), welche die positive hintere Unterlinsengruppe (20R) der zweiten Linsengruppe (20) enthält, unabhängig voneinander von der Bildseite zur Objektseite hin so bewegt werden, dass der Abstand der beiden Fokussierlinsengruppen (Fa, Fb) voneinander abnimmt, und
folgende Bedingungen erfüllt sind:

$0{,}5 < H_1/H_{2R} < 0{,}9$ (1)

$1{,}7 < n_{PAV}$ (2)

$0{,}5 < X_{an}/X_{bn} < 1{,}0$ (3)

worin
H_1 der Radius...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Weitwinkellinsensystem für ein einäugige Spiegelreflexkamera sowie ein Verfahren zum Fokussieren desselben.

[0002] In einer einäugigen Spiegelreflexkamera muss für deren Aufnahmelinsensystem eine hintere Schnittweite vorbestimmter Länge gewährleistet sein, da zwischen dem Aufnahmelinsensystem und der Bildebene ein Schnellklappspiegel angeordnet ist. Deshalb wird in einem Weitwinkellinsensystem üblicherweise ein Retrofokus-Linsensystem, d.h. ein System vom Typ umgekehrter Teleobjektive, eingesetzt, in dem die hintere Schnittweite größer als die Brennweite ist. In einem solchen Retrofokus-Weitwinkellinsensystem, in dem alle Linsengruppen zum Fokussieren bewegt werden, nimmt die Abbildungsleistung bei geringeren Objektentfernungen infolge großer Aberrationsschwankungen ab.

Stand der Technik

[0003] In der Druckschrift US 6 078 435 A ist ein Variolinsensystem beschrieben, das eine negative erste Linsengruppe und eine positve zweite Linsengruppe umfasst, die in dieser Reihenfolge vom Objekt her angeordnet sind. Die positive zweite Linsengruppe enthält eine positive vordere Unterlinsengruppe und eine positive hintere Linsengruppe, die in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen angeordnet sind.

Aufgabenstellung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Weitwinkellinsensystem anzugeben, das (i) insbesondere bei geringen Entfernungen im Wesentlichen keine entfernungsabhängigen Aberrationsänderungen, (ii) eine gute Abbildungsleistung in einem Entfernungsbereich, der von Unendlich bis zu geringer Objektentfernung reicht, (iii) eine große Blendenöffnung (etwa F1,8 bis F2,0) sowie (iv) einen halben Bildfeldwinkel von etwa 35° hat. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Fokussieren des Weitwinkellinsensystems anzugeben.

[0005] Die Erfindung löst die vorstehend genannten Aufgaben durch das Weitwinkelsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

[0006] Die Bedingung (3) des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 6 spezifiziert das Verhältnis der Vorschubstrecke der ersten Fokussierlinsengruppe zu der der zweiten Fokussierlinsengruppe bezogen auf zwei Fokussierzustände, nämlich einen ersten Fokussierzustand, bei dem auf ein Objekt im Unendlichen scharfgestellt ist, und eine zweiten Fokussierzustand, in dem auf ein Objekt in kürzester Aufnahmeentfernung scharfgestellt ist. Zwischen diesen beiden, auf unendliche und kürzeste Aufnahmeentfernung bezogenen Fokussierzuständen kann die Fokussierung entweder in der Weise vorgenommen werden, dass das Verhältnis der Vorschubstrecke der ersten Fokussierlinsengruppe zu der der zweiten Fokussierlinsengruppe variiert wird, wenn von der Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen auf die Fokussierung auf ein Objekt in beliebiger Entfernung übergegangen wird, oder in der Weise, dass das vorstehend genannte Verhältnis konstant gehalten wird. Das erstgenannte Verfahren wird als nicht-lineares Fokussierverfahren und das zuletzt genannte Verfahren als lineares Fokussierverfahren bezeichnet. Im Falle des nicht-linearen Fokussierverfahrens erfüllen die erste und die zweite Fokussierlinsengruppe vorzugsweise die in Anspruch 2 bzw. in Anspruch 7 angegebenen Bedingungen (4) und (5).

[0007] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand der Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

[0008] Fig. 1 die Linsenanordnung eines Weitwinkellinsensystems als erstes Ausführungsbeispiel,

[0009] Fig. 2A, Fig. 2B, Fig. 2C und Fig. 2D in der Linsenanordnung nach Fig. 1 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt im Unendlichen scharfgestellt ist,

[0010] Fig. 3A, Fig. 3B, Fig. 3C und Fig. 3D in der Linsenanordnung nach Fig. 1 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in endlicher Aufnahmeentfernung (Abbildungsmaßstab: 0,07) scharfgestellt ist,

[0011] Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 4C und Fig. 4D in der Linsenanordnung nach Fig. 1 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in kürzester Aufnahmeentfernung scharfgestellt ist,

[0012] Fig. 5 die Linsenanordnung eines Weitwinkellinsensystems als zweites Ausführungsbeispiel,

[0013] Fig. 6A, Fig. 6B, Fig. 6C und Fig. 6D in der Linsenanordnung nach Fig. 5 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt im Unendlichen scharfgestellt ist,

[0014] Fig. 7A, Fig. 7B, Fig. 7C und Fig. 7D in der Linsenanordnung nach Fig. 5 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in endlicher Aufnahmeentfernung (Abbildungsmaßstab: –0,07) scharfgestellt ist,

[0015] Fig. 8A, Fig. 8B, Fig. 8C und Fig. 8D in der Linsenanordnung nach Fig. 5 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in kürzester Aufnahmeentfernung scharfgestellt ist,

[0016] Fig. 9 die Linsenanordnung eines Weitwinkellinsensystems als drittes Ausführungsbeispiel,

[0017] Fig. 10A, Fig. 10B, Fig. 10C und Fig. 10D in der Linsenanordnung nach Fig. 9 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt im Unendlichen scharfgestellt ist,

[0018] Fig. 11A. Fig. 11B, Fig. 11C und Fig. 11D in der Linsenanordnung nach Fig. 9 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in endlicher Aufnahmeentfernung (Vergrößerung: –0,07) scharfgestellt ist,

[0019] Fig. 12A, Fig. 12B, Fig. 12C und Fig. 12D in der Linsenanordnung nach Fig. 9 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in kürzester Aufnahmeentfernung scharfgestellt ist, und

[0020] Fig. 13 die erfindungsgemäße Fokussierung des Weitwinkellinsensystems.

Ausführungsbeispiel

[0021] Das in Fig. 13 gezeigte Linsensystem ist ein Retrofokus-Weitwinkellinsensystem, das eine negative erste Linsengruppe **10** und eine positive zweite Linsengruppe **20** in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen enthält. Die zweite Linsengruppe **20** enthält eine positive Unterlinsengruppe **20F** (**2F**) (vordere Unterlinsengruppe) und eine positive Unterlinsengruppe **20R** (**2R**) (hintere Unterlinsengruppe) in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen. Beim Fokussieren auf ein Objekt im Unendlichen hin zu einem Objekt in geringer Entfernung werden eine Linsengruppe Fa (erste Fokussierlinsengruppe) und eine Linsengruppe Fb (zweite Fokussierlinsengruppe) unabhängig voneinander so von der Bildseite zur Objektseite bewegt, dass der Abstand zwischen der Linsengruppe Fa und der Linsengruppe Fb kürzer wird. Die Linsengruppe Fa besteht dabei aus der ersten Linsengruppe **10** und der positiven Unterlinsengruppe **20F**, die einstückig bewegbar sind. Die Linsengruppe Fb besteht aus der positiven Unterlinsengruppe **20R**. Nach Fig. 13 gibt es mindestens zwei Arten von Fokussieroperationen. In einer werden beide Linsengruppe Fa und Fb linear bewegt, was in Fig. 13 durch die Linie L-L angedeutet ist. In der anderen, bevorzugten Art der Fokussierung werden die Linsengruppen Fa und Fb nicht linear bewegt, wie in Fig. 13 durch die Linie N-L angedeutet ist.

[0022] Wie in den Fig. 1, Fig. 5 und Fig. 9 gezeigt, enthält die negative erste Linsengruppe **10** ein positives Linsenelement und zwei negative Linsenelemente in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen. Die zweite Linsengruppe **20** enthält die aus einem positiven Linsenelement bestehende positive Unterlinsengruppe **20F** und die positive Unterlinsengruppe **20R**, die aus zwei verkitteten Unterlinsengruppen, die jeweils von einem negativen Linsenelement und einem positiven Linsenelement gebildet werden, und einem positiven Linsenelement besteht, wobei die genannten Komponenten in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen angeordnet sind. Eine Blende S ist in der positiven Unterlinsengruppe **20R** zwischen den beiden verkitteten Unterlinsengruppen angeordnet.

[0023] Die Bedingung (1) des Anspruchs 1 spezifiziert die Höhe oberer Axiallichtstrahlen und gibt an, dass das Linsensystem ein Retrofokus-Linsensystem ist. Die Größen H_1 und H_2 geben die in Fig. 13 gezeigten Höhen eines oberen Axiallichtstrahls an.

[0024] Übersteigt H_1/H_{2R} die obere Grenze der Bedingung (1), so bereitet es Schwierigkeiten, die hintere Schnittweite zu vergrößern oder den Bildfeldwinkel aufzuweiten.

[0025] Unterschreitet dagegen H_1/H_{2R} die untere Grenze der Bedingung (1), so wird die hintere Schnittweite unnötigerweise größer, was im Hinblick auf die Miniaturisierung des Linsensystems von Nachteil ist. Ferner nimmt die negative Verzeichnung zu.

[0026] Die Bedingung (2) des Anspruchs 1 spezifiziert für die in der positiven zweiten Linsengruppe **20** enthaltenen positiven Linsenelemente die gemittelten Brechungsindizes bei der d-Linie.

[0027] Unterschreitet n_{PAV} die untere Grenze der Bedingung (2), so wird die für die erforderliche Brechkraft benötigte Krümmung der jeweiligen Linsenfläche so groß, dass sich Aberrationen höherer Ordnung bemerkbar machen. Es wird deshalb schwierig, die Blendenöffnung zu vergrößern (F-Zahl 1,8 bis 2,0).

[0028] Die Bedingung (3) des Anspruchs 1 gibt das bei der Fokussierung auftretende Verhältnis der Vorschubstrecke von erster Linsengruppe **10** und positiver Unterlinsengruppe **20F**, d.h. der Linsengruppe Fa, zu der Vorschubstrecke der positiven Unterlinsengruppe **20R**, d.h. der Linsengruppe Fb unter der Voraussetzung an, dass die Linsengruppen Fa und Fb linear bewegt werden.

[0029] Übersteigt X_{an}/X_{bn} die obere Grenze der Bedingung (3), so nehmen die Aberrationsschwankungen bei Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen hin zu einem Objekt in geringer Entfernung im Vergleich zu dem Fall zu, in dem das gesamte Linsensystem vorgeschoben, d.h. verstellt wird.

[0030] Unterschreitet X_{an}/X_{bn} die untere Grenze der Bedingung (3), so werden die Aberrationsschwankungen bei Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen hin zu einem Objekt in geringer Entfernung so stark reduziert, dass Aberrationsschwankungen auftreten, die denen entgegengesetzt sind, die in dem Fall auftreten, in dem X_{an}/X_{bn} die obere Grenze der Bedingung (3) übersteigt.

[0031] Die Bedingung (4) des Anspruchs 2 spezifiziert das Verhältnis der bei der Fokussierung auftretenden Vorschub- oder Verstellstrecke von erster Linsengruppe **10** und positiver Unterlinsengruppe **20**, d.h. der Linsengruppe Fa, zu der Verstellstrecke der positiven Unterlinsengruppe **20R**, d.h. der Linsengruppe Fb, unter der Voraussetzung, dass die Linsengruppen Fa und Fb nicht linear bewegt werden.

[0032] Übersteigt $X_{an}/X_{bn} < \Delta X_{ai}/\Delta X_{bi}$ die obere Grenze der Bedingung (4), so nehmen die Aberrationsschwankungen bei Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen hin zu einem Objekt in geringer Entfernung im Vergleich zu dem Fall zu, in dem das gesamte Linsensystem vorgeschoben, d.h. verstellt wird.

[0033] Unterschreitet $X_{an}/X_{bn} < \Delta X_{ai}/\Delta X_{bi}$ die untere Grenze der Bedingung (4), so werden die Aberrationsschwankungen bei Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen hin zu einem Objekt in geringer Entfernung so stark reduziert, dass Aberrationsschwankungen auftreten, die denen entgegengesetzt sind, die in dem Fall auftreten, in dem $X_{an}/X_{bn} < \Delta X_{ai}/\Delta X_{bi}$ die obere Grenze der Bedingung (4) übersteigt.

[0034] In Bedingung (4) ist X_1 einfach als quadratische Funktion von X_2 definiert, wobei α einen ersten Koeffizienten und β einen zweiten Koeffizienten bezeichnet. Eine ähnliche Bewegung der Linsengruppen kann durch ein kubisches Polynom festgelegt werden. Im Wesentlichen folgen jedoch die Linsengruppen den Verstellwegen, die durch eine quadratische Funktion definiert sind.

[0035] Die Bedingung (5) des Anspruchs 2 spezifiziert den zweiten Koeffizienten β unter der Bedingung, dass die erste Linsengruppe **10** und die positive Unterlinsengruppe **20F**, d.h. die Linsengruppe Fa, und die positive Unterlinsengruppe **20R**, d.h. die Linsengruppe Fb, bei der Fokussierung nicht linear bewegt werden. Durch Erfüllen dieser Bedingung erreicht man eine Fokussierung, die ein geeignetes Gleichgewicht zwischen der Abbildungsleistung im Unendlichen und der in geringer Entfernung schafft.

[0036] Übersteigt β die obere Grenze der Bedingung (5), so wird der Abstand zwischen der positiven Unterlinsengruppe **20F** und der positiven Unterlinsengruppe **20R** verglichen mit dem Fall größer, in dem diese Linsengruppen linear bewegt werden, wenn auf ein Objekt in geringer Entfernung scharfgestellt wird. Die Aberrationsschwankungen nehmen infolgedessen stark zu.

[0037] Unterschreitet β die untere Grenze der Bedingung (5), so werden die Aberrationsschwankungen so stark reduziert, dass das Gleichgewicht für die Abbildungsleistung im Unendlichen und in geringer Entfernung verloren geht.

[0038] Die Bedingung (6) des Anspruchs 4 spezifiziert direkt einen auf eine asphärische Fläche bezogenen Asphärenterm in einem Verzeichnungskoeffizienten, wenn in der zweiten Linsengruppe **20** mindestens eine asphärische Fläche vorgesehen ist.

[0039] Übersteigt ΔV die obere Grenze der Bedingung (6), so ist die Verzeichnung unterkorrigiert.

[0040] Unterschreitet ΔV die untere Grenze der Bedingung (6), so ist die Verzeichnung überkorrigiert, und der Betrag der Verzeichnung, die ausgehend von einer Position mittlerer Bildhöhe über den äußersten Randbe-

reich in positiver Richtung auftritt, nimmt zu.

[0041] Die Bedingung (7) des Anspruchs 5 spezifiziert die zusammengesetzte Brechkraft von erster Linsengruppe **10** und positiver Unterlinsengruppe **20F**, d.h. die Brechkraft der Linsengruppe Fa.

[0042] Übersteigt $|f/f_{Fa}|$ die obere Grenze der Bedingung (7), so werden die Aberrationsschwankungen bei Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen hin zu einem Objekt in geringer Entfernung groß.

[0043] Im Folgenden werden spezielle numerische Daten für die Ausführungsbeispiele angegeben. In den die sphärische Aberration und die Sinusbedingung zeigenden Figuren bezeichnet SA die sphärische Aberration und SC die Sinusbedingung. In den Figuren, welche die chromatische Aberration dargestellt durch die sphärische Aberration zeigen, bezeichnen die durchgezogene Linie und die beiden unterschiedlich gestrichelten Linien die sphärischen Aberrationen bei der d-, der g- bzw. der C-Linie. In den den Astigmatismus zeigenden Figuren bezeichnet S das Sagittalbild, M das Meridionalbild und Y die Bildhöhe. In den die Verzeichnung zeigenden Figuren bezeichnet Y die Bildhöhe. In den Tabellen bezeichnet F_{NO} die F-Zahl, m die Transversalvergrößerung, d.h. den Abbildungsmaßstab, f die Brennweite des gesamten Linsensystems, u die Objektentfernung (m), W den halben Bildfeldwinkel (°), f_B die hintere Schnittweite, r den Krümmungsradius, d die Linsenelementdicke oder den Abstand zwischen den Linsenelementen, Nd den Brechungsindex bei der d-Linie und v die Abbe-Zahl.

[0044] Eine zur optischen Achse symmetrische, asphärische Fläche ist wie folgt definiert:

$$x = cy^2/(1 + [1 - \{1 + K\}c^2y^2]^{1/2}) + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10} ...$$

worin

c	die Krümmung (1/r) der asphärischen Fläche im Scheitel,
y	den Abstand von der optischen Achse,
K	die Kegelschnittkonstante,
A4	einen Asphärenkoeffizienten vierter Ordnung,
A6	einen Asphärenkoeffizienten sechster Ordnung,
A8	einen Asphärenkoeffizienten achter Ordnung und
A10	einen Asphärenkoeffizienten zehnter Ordnung bezeichnet.

[0045] Der Zusammenhang zwischen den Asphärenkoeffizienten und den Aberrationskoeffizienten wird nachfolgend erläutert.

1. Die Form einer asphärischen Fläche ist wie folgt definiert:

$$x = cy^2/(1 + [1 - \{1 + K\}c^2y^2]^{1/2}) + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10} ...$$

worin

x	den Abstand der asphärischen Fläche von der Tangentialebene an den Scheitel der Fläche,
y	den Abstand von der optischen Achse,
c	die Krümmung (1/r) der asphärischen Fläche im Scheitel und
K	die Kegelschnittkonstante bezeichnet.

2. Um die Aberrationskoeffizienten zu erhalten, wird folgende Substitution vorgenommen, um K durch 0 zu ersetzen (Bi=Ai, wenn K=0).

$$B4 = A4 + Kc^3/8;$$

$$B6 = A6 + (K^2 + 2K)c^5/16;$$

$$B8 = A8 + 5(K^3 + 3K^2 + 3K)c^7/128$$

$$B10 = A10 + 7(K^4 + 4K^3 + 6K^2 + 4K)c^9/256$$

Man erhält so folgende Gleichung:

$x = cy^2/[1 + [1 – c^2y^2]^{1/2}] + B4y^4 + B6y^6 + B8y^8 + B10y^{10} + ...$

3. Um die Brennweite auf 1,0 zu normieren, wird Folgendes betrachtet:
$X = x/f$; $Y = y/f$; $C = f \cdot c$;
$\alpha 4 = f^3B4$; $\alpha 6 = f^5B6$; $\alpha 8 = f^7B8$; $\alpha 10 = f^9B10$
Man erhält so folgende Formel:

$X = CY^2/[1 + [1 – C^2Y^2]^{1/2}] + \alpha 4Y^4 + \alpha 6Y^6 + \alpha 8Y^8 + \alpha 10Y^{10} + ...$

4. Man definiert $\Phi = 8(N'-N)\alpha 4$. Die Aberrationskoeffizienten dritter Ordnung sind demnach wie folgt definiert:

I	bezeichnet den Koeffizienten der sphärischen Aberration,
II	den Komakoeffizienten,
III	den Astigmatismuskoeffizienten,
IV	den Krümmungskoeffizienten der Sagittalbildfläche und
V	den Verzeichnungskoeffizienten.

Der Einfluss des auf die asphärische Fläche bezogenen Asphärenkoeffizienten vierter Ordnung (α4) auf die jeweiligen Aberrationskoeffizienten ist definiert als:

$\Delta I = h^4\Phi$

$\Delta II = h^3k\Phi$

$\Delta III = h^2k^2\Phi$

$\Delta IV = h^2k^2\Phi$

$\Delta V = hk^3\Phi$

worin

h1	die Höhe ist, in der ein achsennaher Axialstrahl auf die erste Fläche des die asphärische Fläche enthaltenden Linsensystems trifft,
h	die Höhe ist, in der der achsennahe Axialstrahl auf die asphärische Fläche trifft, wenn die Höhe h1 gleich 1 ist,
k1	die Höhe ist, in der ein durch die Mitte der Eintrittspupille gehender achsennaher Außeraxialstrahl (Hauptstrahl) auf die erste Fläche des die asphärische Fläche enthaltenden Linsensystems trifft,
k	die Höhe ist, in der der achsennahe Außeraxialstrahl auf die asphärische Fläche trifft, wenn die Höhe k1 gleich –1 ist,
N'	der Brechungsindex des bezüglich der asphärischen Fläche bildseitigen Mediums ist, und
N	der Brechungsindex des bezüglich der asphärischen Fläche objektseitigen Mediums ist.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0046] Fig. 1 zeigt die Linsenanordnung eines Weitwinkellinsensystems als erstes Ausführungsbeispiel. Die Fig. 2A bis Fig. 2D zeigen in der Linsenanordnung nach Fig. 1 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt im Unendlichen scharfgestellt ist. Die Fig. 3A bis Fig. 3D zeigen in der Linsenanordnung nach Fig. 1 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in endlicher Aufnahmeentfernung (Abbildungsmaßstab: –0,07) scharfgestellt ist. Die Fig. 4A bis Fig. 4D zeigen in der Linsenanordnung nach Fig. 1 auftretende Aberrationen,

wenn auf ein Objekt in kürzester Aufnahmeentfernung (Objektentfernung: etwa **10f**) scharfgestellt ist. In Tabelle 1 sind die numerischen Daten für das erste Ausführungsbeispiel angegeben. Die negative erste Linsengruppe **10** enthält ein positives Linsenelement und zwei negative Meniskuslinsenelemente in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen. Die zweite Linsengruppe **20** enthält die aus einem positiven Linsenelement bestehende erste positive Unterlinsengruppe **20F** und die positive Unterlinsengruppe **20R**, die aus zwei verkitteten, jeweils aus einem negativen Linsenelement und einem positiven Linsenelement bestehenden Unterlinsengruppen sowie einem positiven Linsenelement besteht, wobei die genannten Komponenten in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen angeordnet sind. In der positiven Unterlinsengruppe **20R** ist zwischen den beiden verkitteten Unterlinsengruppen eine Blende S vorgesehen. In dem ersten Ausführungsbeispiel wird eine Fokussierung auf ein Objekt im Unendlichen hin zu einem Objekt in endlicher Entfernung dadurch vorgenommen, dass die Linsengruppen Fa und Fb längs der in der unteren Hälfte der Fig. 13 gezeigten durchgezogenen Linien bewegt werden.

Tabelle 1

F_{NO} = 1:1,8

f = 30,90

m = 0,000 - -0,070 - -0,148

f_B = 36,90-39,07-41,47

u = ∞-0,53-0,30

W = 35,3

Fläche Nr.	r	d	Nd	ν
1	78,108	4,38	1,77250	49,6
2	358,792	0,10	-	-
3	76,705	1,67	1,67003	47,3
4	17,423	7,64	-	-
5	221,262	1,50	1,61800	63,4
6	48,445	5,56	-	-
7	31,497	3,99	1,83400	37,2
8	-927,714	7,52-6,93-6,15	-	-
9	-43,702	1,50	1,60880	36,7
10	18,000	8,10	1,81000	47,3
11	-44,430	1,92	-	-
Blende	∞	4,85	-	-
12	-19,000	2,79	1,73400	27,7
13	152,020	2,65	1,69350	53,2
14*	-46,535	0,10	-	-
15	-287,024	3,84	1,77250	49,6
16	-24,575	-	-	-

* asphärische, zur optischen Achse rotationssymmetrische Fläche

Daten der asphärischen Fläche (nicht aufgeführte Flächenkoeffizienten sind Null (0,00)):

Fläche Nr.	K	A4	A6	A8
14	0,00	$0{,}2118 \cdot 10^{-4}$	$0{,}2272 \cdot 10^{-7}$	$-0{,}2000 \cdot 10^{-10}$

Ausführungsbeispiel 2

[0047] Fig. 5 zeigt die Linsenanordnung eines Weitwinkellinsensystems als zweites Ausführungsbeispiel. Die Fig. 6A bis Fig. 6D zeigen in der Linsenanordnung nach Fig. 5 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt im Unendlichen scharfgestellt ist. Die Fig. 7A bis Fig. 7D zeigen in der Linsenanordnung nach Fig. 5 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in endlicher Aufnahmeentfernung (Abbildungsmaßstab: –0,07) scharfgestellt ist. Die Fig. 8A bis Fig. 8D zeigen in der Linsenanordnung nach Fig. 5 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in kürzester Aufnahmeentfernung (Objektentfernung: etwa **10f**) scharfgestellt ist. In Tabelle 2 sind die numerischen Daten für das zweite Ausführungsbeispiel angegeben. Was die grundlegende Linsenanordnung und die Fokussierung betrifft, ist das zweite Ausführungsbeispiel gleich dem ersten Ausführungsbeispiel.

Tabelle 2

F_{NO} = 1:1,8

f = 30,90

m = 0,000 - -0,070 - -0,149

f_B = 37,13-39,31-41,77

u = ∞-0,53-0,30

W = 35,3

Fläche Nr.	r	d	Nd	ν
1	78,098	4,98	1,72916	54,7
2	6866,103	0,10	-	-
3	198,610	1,67	1,68893	31,1
4	25,334	5,03	-	-
5	86,361	1,20	1,61800	63,4
6	23,386	10,13	-	-
7	34,941	5,00	1,80100	35,0
8	-131,560	5,41-4,87-3,88	-	-
9	-41,702	1,70	1,51742	52,4
10	17,768	9,20	1,80400	46,6
11	-73,924	0,70	-	-
Blende	∞	5,79	-	-
12	-23,632	1,69	1,84666	23,8
13	29,795	5,06	1,72750	40,3
14*	-54,008	0,10	-	-
15	523,668	4,10	1,77250	49,6
16	-27,472	-	-	-

* asphärische, zur optischen Achse rotationssymmetrische Fläche

Daten der asphärischen Fläche (nicht aufgeführte Flächenkoeffizienten sind Null (0,00)):

Fläche Nr.	K	A4	A6	A8
14	0,00	$0{,}1985 \cdot 10^{-4}$	$0{,}3239 \cdot 10^{-7}$	$0{,}4715 \cdot 10^{-11}$

Ausführungsbeispiel 3

[0048] Fig. 9 zeigt die Linsenanordnung eines Weitwinkellinsensystems als drittes Ausführungsbeispiel. Die

Fig. 10A bis Fig. 10D zeigen in der Linsenanordnung nach Fig. 9 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt im Unendlichen scharfgestellt ist. Die Fig. 11A bis Fig. 11D zeigen in der Linsenanordnung nach Fig. 9 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in endlicher Aufnahmeentfernung (Abbildungsmaßstab: –0,07) scharfgestellt ist. Die Fig. 12A bis Fig. 12D zeigen in der Linsenanordnung nach Fig. 9 auftretende Aberrationen, wenn auf ein Objekt in kürzester Aufnahmeentfernung (Objektentfernung: etwa **10f**) scharfgestellt ist. In Tabelle 3 sind die numerischen Daten für das dritte Ausführungsbeispiel angegeben. Was die grundlegende Linsenanordnung und die Fokussierung betrifft, gleicht das dritte Ausführungsbeispiel dem ersten Ausführungsbeispiel.

Tabelle 3

F_{NO} = 1:1,8

f = 31,80

m = 0,000 - -0,070 - -0,155

f_B = 36,90-39,15-41,88

u = ∞-0,53-0,30

W = 34,8

Fläche Nr.	r	d	Nd	ν
1	95,700	4,68	1,72916	54,7
2	-5402,519	0,10	-	-
3	195,220	1,67	1,76182	26,5
4	33,385	3,13	-	-
5	93,000	1,30	1,61800	63,4
6	23,440	12,29	-	-
7	38,680	5,00	1,80100	35,0
8	-126,230	5,46-4,77-3,87	-	-
9	-43,081	1,90	1,51742	52,4
10	18,044	9,39	1,80400	46,6
11	-72,460	1,20	-	-
Blende	∞	6,86	-	-
12	-20,415	1,60	1,84666	23,8
13	36,650	4,74	1,72750	40,3
14*	-48,519	0,10	-	-
15	1937,471	4,42	1,77250	49,6
16	-25,427	-	-	-

* asphärische, zur optischen Achse rotationssymmetrische Fläche

Daten der asphärischen Fläche (nicht aufgeführte Flächenkoeffizienten sind Null (0,00)):

Fläche Nr.	K	A4	A6	A8
14	0,00	$0{,}1983 \cdot 10^{-4}$	$0{,}2547 \cdot 10^{-7}$	$0{,}9113 \cdot 10^{-12}$

[0049] Die auf die jeweiligen Bedingungen bezogenen numerischen Werte sind für die Ausführungsbeispiele in folgender Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
Bedingung (1)	0,733	0,697	0,701
Bedingung (2)	1,7775	1,7763	1,7763
Bedingung (3)	0,70	0,67	0,68
Bedingung (4) $(\Delta X_{ai}/\Delta X_{bi}=\alpha)$	0,75	0,80	0,70
Bedingung (4) (X_{an}/X_{bn})	0,70	0,67	0,68
Bedingung (5)	-0,013	-0,032	-0,005
Bedingung (6)	-0,047	-0,078	-0,103
Bedingung (7)	0,122	0,197	0,221

[0050] Wie aus Tabelle 4 hervorgeht, erfüllt jedes Ausführungsbeispiel die Bedingungen (1) bis (7). Wie ferner aus den Aberrationsdiagrammen hervorgeht, sind die Aberrationen angemessen korrigiert.

[0051] Wie obige Beschreibung zeigt, wird durch die Erfindung ein Weitwinkellinsensystem geschaffen, das (i) insbesondere in geringen Entfernungen im Wesentlichen keine entfernungsabhängigen Aberrationsänderungen, (ii) über einen Entfernungsbereich, der von Unendlich bis zu einer geringen Objektentfernung reicht, eine gute Abbildungsleistung, (iii) eine große Blendenöffnung (etwa F1,8 bis F2,0) und (iv) einen halben Bildfeldwinkel von etwa 35° hat. Außerdem stellt die Erfindung ein Verfahren zum Fokussieren des Weitwinkellinsensystems bereit.

Patentansprüche

1. Weitwinkellinsensystem mit einer negativen ersten Linsengruppe (**10**) und einer positiven zweiten Linsengruppe (**20**), die in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen angeordnet sind, wobei
die positive zweite Linsengruppe (**20**) eine positive vordere Unterlinsengruppe (**20F**) und eine positive hintere Unterlinsengruppe (**20R**) enthält, die in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass
beim Fokussieren ausgehend von einer unendlichen Objektentfernung hin zu einer geringeren Objektentfernung eine erste Fokussierlinsengruppe (Fa), welche die erste Linsengruppe (**10**) und die mit dieser einstückig bewegbare positive vordere Unterlinsengruppe (**20F**) der zweiten Linsengruppe (**20**) enthält, und eine zweite Fokussierlinsengruppe (Fb), welche die positive hintere Unterlinsengruppe (**20R**) der zweiten Linsengruppe (**20**) enthält, unabhängig voneinander von der Bildseite zur Objektseite hin so bewegt werden, dass der Abstand der beiden Fokussierlinsengruppen (Fa, Fb) voneinander abnimmt, und
folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$0{,}5 < H_1/H_{2R} < 0{,}9 \quad (1)$$

$$1{,}7 < n_{PAV} \quad (2)$$

$$0,5 < X_{an}/X_{bn} < 1,0 \quad (3)$$

worin
H_1 der Radius eines Bündels axialer Lichtstrahlen auf der am weitesten objektseitig angeordneten Fläche der ersten Linsengruppe (**10**) ist, wenn auf ein Objekt in unendlicher Entfernung scharfgestellt ist,
H_{2R} der Radius eines Bündels axialer Lichtstrahlen auf der am weitesten objektseitig angeordneten Fläche der hinteren Unterlinsengruppe (**20R**) der zweiten Linsengruppe (**20**) ist, wenn auf ein Objekt in unendlicher Entfernung scharfgestellt ist,
n_{PAV} für in der zweiten Linsengruppe (**20**) vorgesehene positive Linsenelemente der gemittelte Brechungsindex bei der d-Linie ist,
X_{an} eine Vorschubstrecke der ersten Fokussierlinsengruppe (Fa) ist, wobei diese Vorschubstrecke von der der unendlichen Aufnahmeentfernung entsprechenden Position und der der kürzesten Aufnahmeentfernung entsprechenden Position der ersten Fokussierlinsengruppe (Fa) begrenzt ist, und
X_{bn} eine Vorschubstrecke der zweiten Fokussierlinsengruppe (Fb) ist, wobei diese Vorschubstrecke von der der unendlichen Aufnahmeentfernung entsprechenden Position und der der kürzesten Aufnahmeentfernung entsprechenden Position der zweiten Fokussierlinsengruppe (Fb) begrenzt ist.

2. Weitwinkellinsensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$0,5 < X_{an}/X_{bn} < \Delta X_{ai}/\Delta X_{bi} < 1,0 \quad (4)$$

$$-0,1 < \beta < 0 \quad (5)$$

worin
ΔX_{ai} die Steigung der Tangente an einem der unendlichen Aufnahmeentfernung entsprechenden Punkt des Verstellweges der ersten Fokussierlinsengruppe (Fa) ist,
ΔX_{bi} die Steigung der Tangente an einem der unendlichen Aufnahmeentfernung entsprechenden Punkt des Verstellweges der zweiten Fokussierlinsengruppe (Fb) ist,

$X_1 = \alpha X_2 + \beta X_2^2$,

X_1 eine Vorschubstrecke der ersten Fokussierlinsengruppe (Fa) ist, die einer zwischen der unendlichen Aufnahmeentfernung und der kürzesten Aufnahmeentfernung liegenden Aufnahmeentfernung entspricht,
X_2 eine Vorschubstrecke der zweiten Fokussierlinsengruppe (Fb) ist, die einer zwischen der unendlichen Aufnahmeentfernung und der kürzesten Aufnahmeentfernung liegenden Aufnahmeentfernung entspricht,
α ein erster Koeffizient ist, und
β ein zweiter Koeffizient ist.

3. Weitwinkellinsensystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Linsengruppe (**20**) mindestens eine asphärische Fläche hat.

4. Weitwinkellinsensystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die asphärische Fläche in der positiven hinteren Unterlinsengruppe (**20R**) vorgesehen ist und folgende Bedingung erfüllt:

$$-0,2 < \Delta V < 0 \quad (6)$$

worin ΔV einen auf die asphärische Fläche bezogenen Asphärenterm in einem Aberrationskoeffizienten bezeichnet.

5. Weitwinkellinsensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

$$|f/f_{Fa}| < 0,25 \quad (7)$$

worin
f die Gesamtbrennweite des Weitwinkellinsensystems und
f_{Fa} die Brennweite der ersten Fokussierlinsengruppe ist.

6. Verfahren zum Fokussieren eines Weitwinkellinsensystems, das eine negative erste Linsengruppe (**10**)

und eine positive zweite Linsengruppe (**20**) in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen enthält, wobei die positive zweite Linsengruppe (**20**) eine positive vordere Unterlinsengruppe (**20F**) und eine positive hintere Unterlinsengruppe (**20R**) in dieser Reihenfolge vom Objekt her gesehen enthält und das Weitwinkellinsensystem folgende Bedingungen erfüllt:

$$0{,}5 < H_1/H_{2R} < 0{,}9 \quad (1)$$

$$1{,}7 < n_{PAV} \quad (2)$$

worin
H_1 der Radius eines Bündels axialer Lichtstrahlen auf der am weitesten objektseitig angeordneten Fläche der ersten Linsengruppe (**10**) ist, wenn auf ein Objekt in unendlicher Entfernung scharfgestellt ist,
H_{2R} der Radius eines Bündels axialer Lichtstrahlen auf der am weitesten objektseitig angeordneten Fläche der hinteren Unterlinsengruppe (**20R**) der zweiten Linsengruppe (**20**) ist, wenn auf ein Objekt in unendlicher Entfernung scharfgestellt ist, und
n_{PAV} für in der zweiten Linsengruppe (**20**) vorgesehene positive Linsenelemente der gemittelte Brechungsindex bei der d-Linie ist,
mit folgenden Verfahrensschritten:
Bewegen einer ersten Fokussierlinsengruppe (Fa), welche die erste Linsengruppe (**10**) und die mit dieser einstückig bewegte positive vordere Linsengruppe (**20F**) der zweiten Linsengruppe (**20**) enthält, und einer zweiten Fokussierlinsengruppe (Fb), welche die hintere Unterlinsengruppe (**20R**) der zweiten Linsengruppe (**20**) enthält, zur Fokussierung derart, dass bei der Fokussierung ausgehend von einer unendlichen Objektentfernung hin zu einer kürzeren Objektentfernung der Abstand zwischen der ersten Fokussierlinsengruppe (Fa) und der zweiten Fokussierlinsengruppe (Fb) verkürzt wird und folgende Bedingung erfüllt ist:

$$0{,}5 < X_{an}/X_{bn} < 1{,}0 \quad (3).$$

worin
X_{an} eine Vorschubstrecke der ersten Fokussierlinsengruppe (Fa) ist, wobei diese Vorschubstrecke von der der unendlichen Aufnahmeentfernung entsprechenden Position und der der kürzesten Aufnahmeentfernung entsprechenden Position der ersten Fokussierlinsengruppe (Fa) begrenzt ist, und
X_{bn} eine Vorschubstrecke der zweiten Fokussierlinsengruppe (**20**) ist, wobei diese Vorschubstrecke von der der unendlichen Aufnahmeentfernung entsprechenden Position und der der kürzesten Aufnahmeentfernung entsprechenden Position der zweiten Fokussierlinsengruppe (**20**) begrenzt ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$0{,}5 < X_{an}/X_{bn} < \Delta X_{ai}/\Delta X_{bi} < 1{,}0 \quad (4)$$

$$-0{,}1 < \beta < 0 \quad (5)$$

worin
ΔX_{ai} die Steigung der Tangente an einem der unendlichen Aufnahmeentfernung entsprechenden Punkt des Verstellweges der ersten Fokussierlinsengruppe (Fa) ist,
ΔX_{bi} die Steigung der Tangente an einem der unendlichen Aufnahmeentfernung entsprechenden Punkt des Verstellweges der zweiten Fokussierlinsengruppe (Fb) ist,

$$X_1 = \alpha X_2 + \beta X_2^2,$$

X_1 eine Vorschubstrecke der ersten Fokussierlinsengruppe (Fa) ist, die einer zwischen der unendlichen Aufnahmeentfernung und der kürzesten Aufnahmeentfernung liegenden Aufnahmeentfernung entspricht,
X_2 eine Vorschubstrecke der zweiten Fokussierlinsengruppe (Fb) ist, die einer zwischen der unendlichen Aufnahmeentfernung und der kürzesten Aufnahmeentfernung liegenden Aufnahmeentfernung entspricht,
α ein erster Koeffizient ist, und
β ein zweiter Koeffizient ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

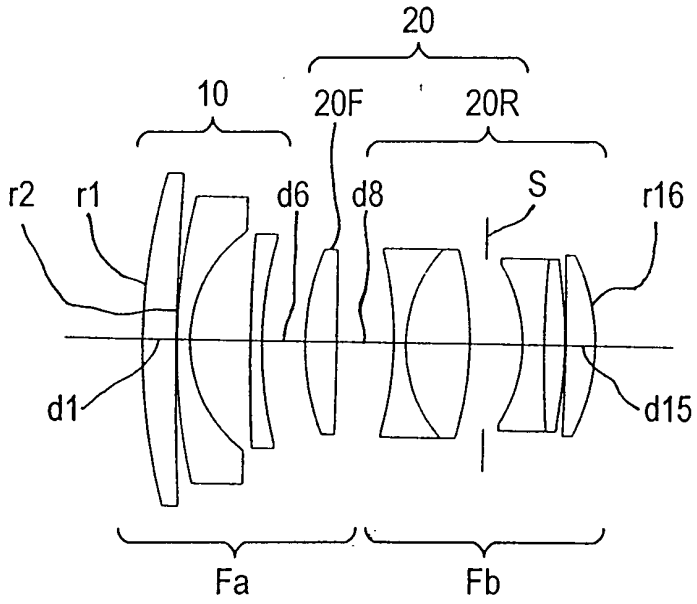


Fig.2A

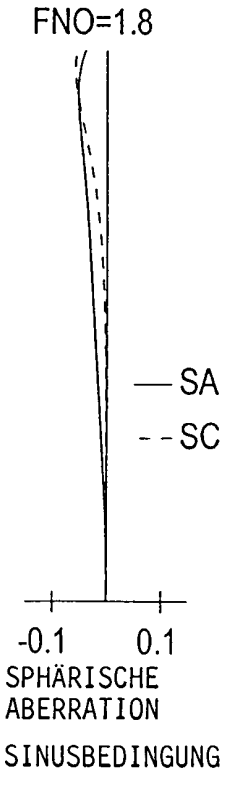


Fig.2B

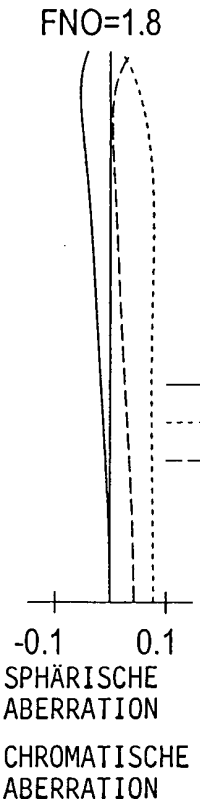


Fig.2C

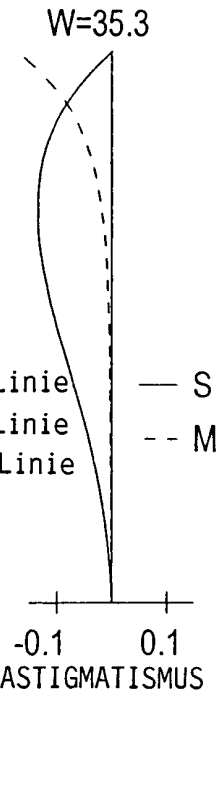


Fig.2D

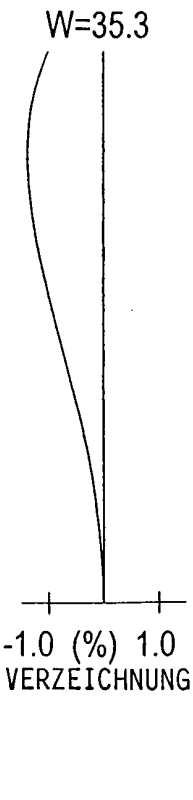


Fig.3A

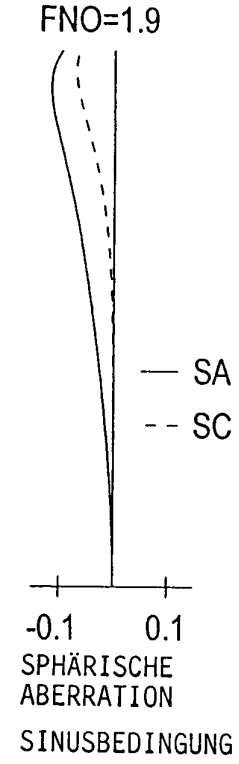


Fig.3B

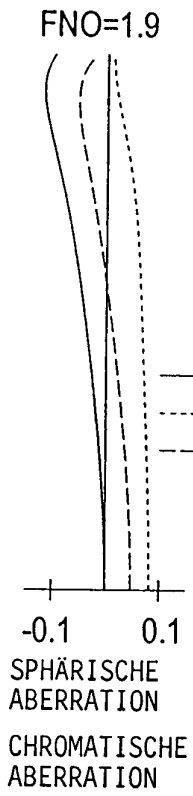


Fig.3C

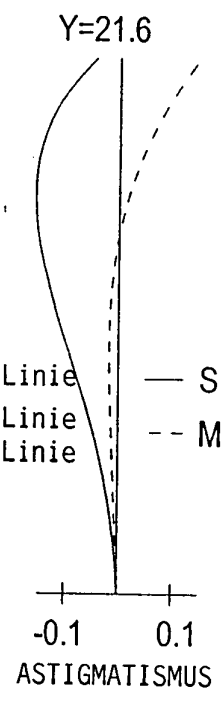


Fig.3D

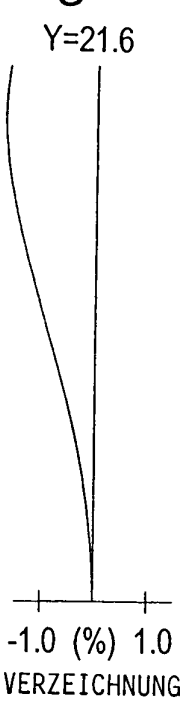


Fig.4A

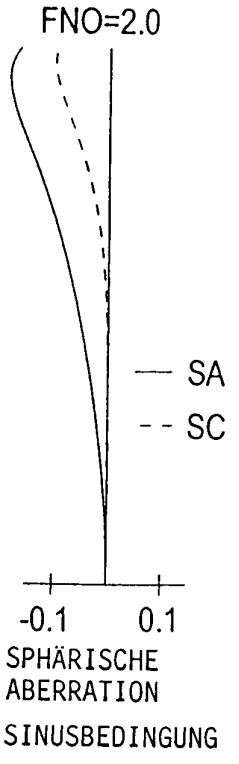


Fig.4B

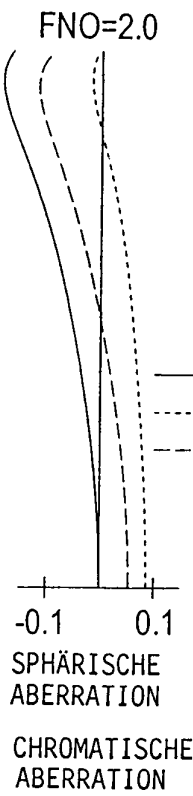


Fig.4C

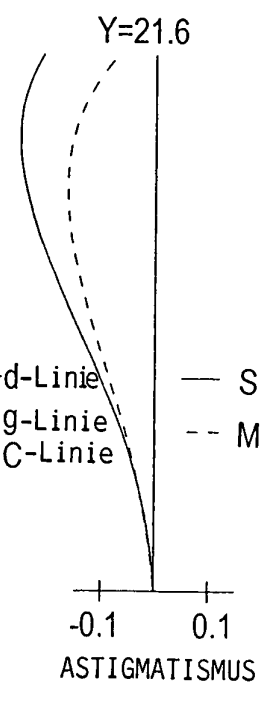


Fig.4D

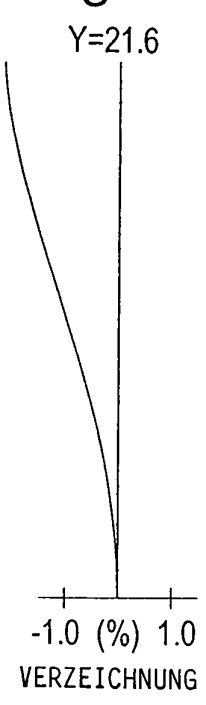


Fig.5

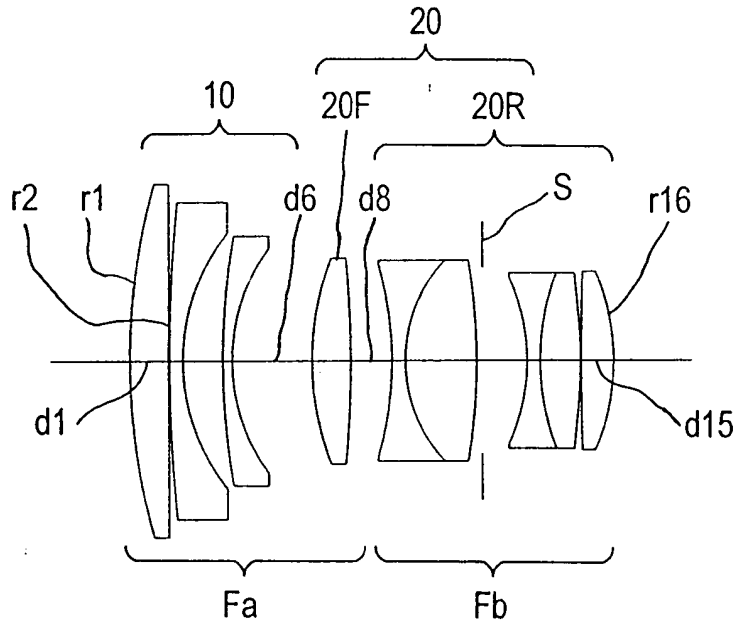


Fig.6A

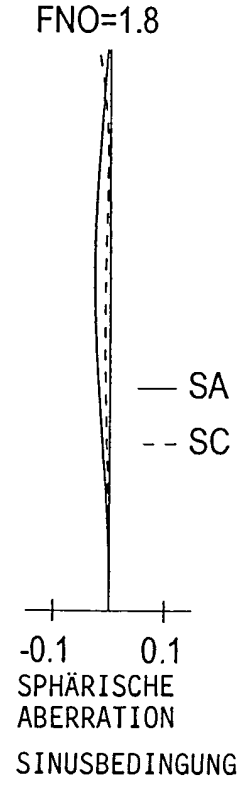


Fig.6B

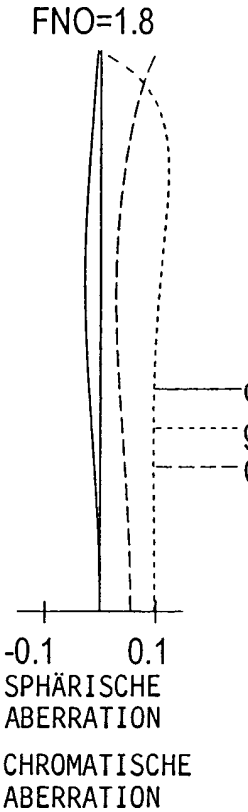


Fig.6C

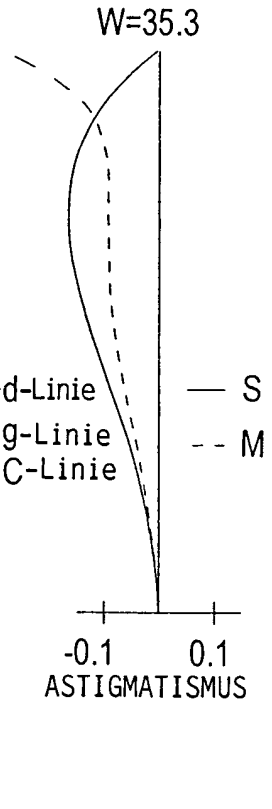


Fig.6D

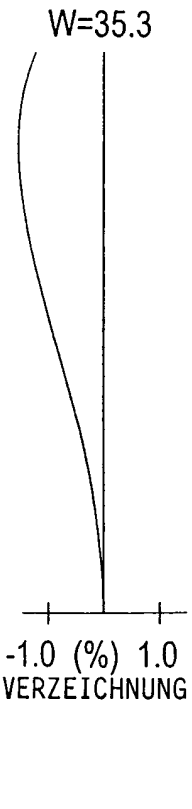


Fig.7A

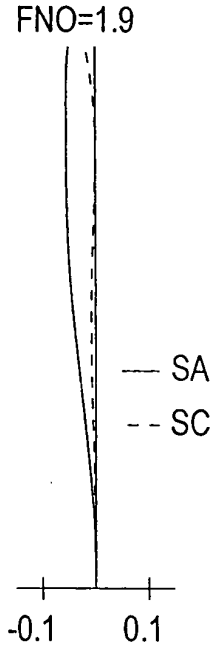


Fig.7B

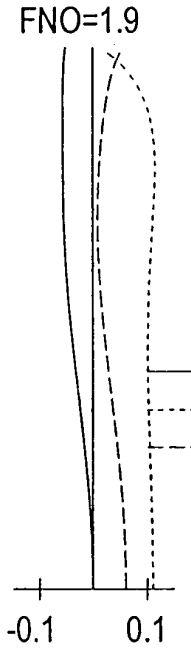


Fig.7C

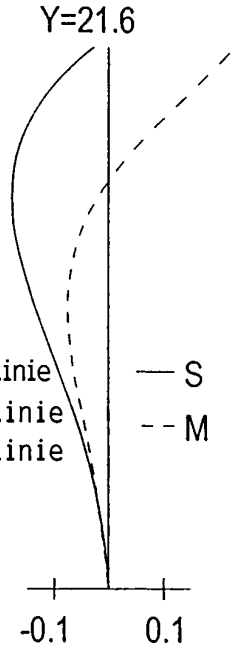


Fig.7D

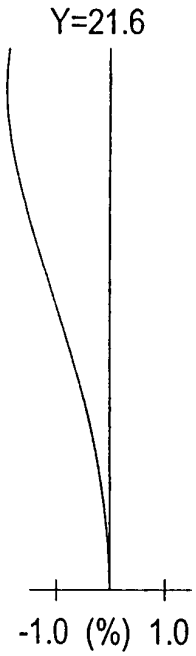


Fig.8A

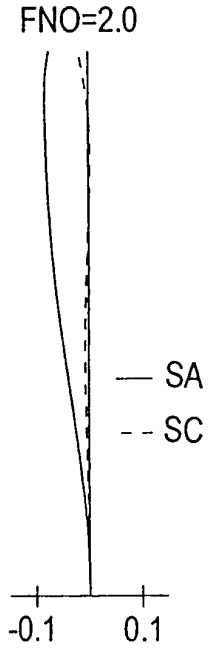


Fig.8B

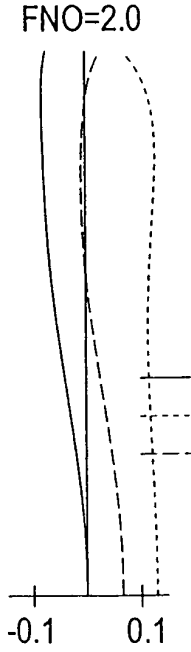


Fig.8C

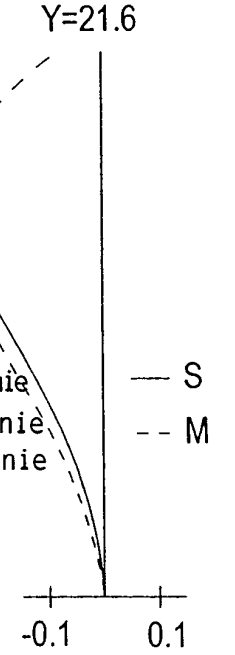


Fig.8D

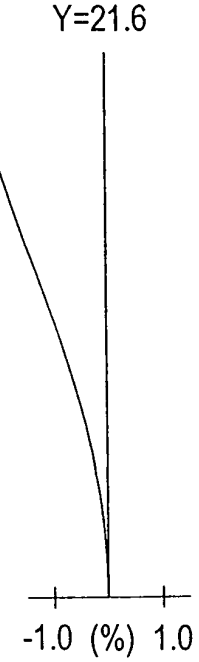


Fig.9

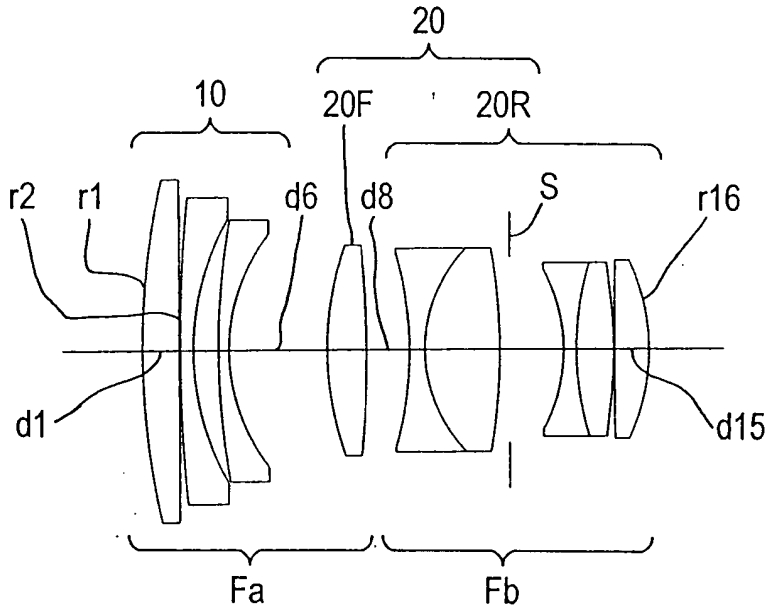


Fig.10A

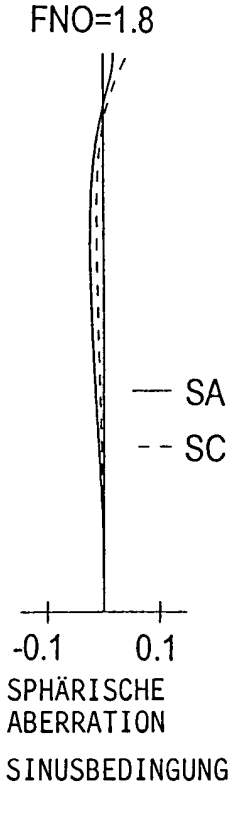


Fig.10B

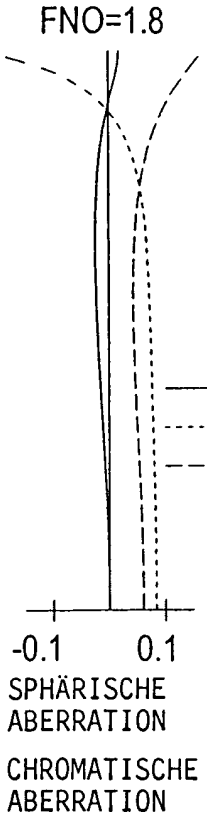


Fig.10C

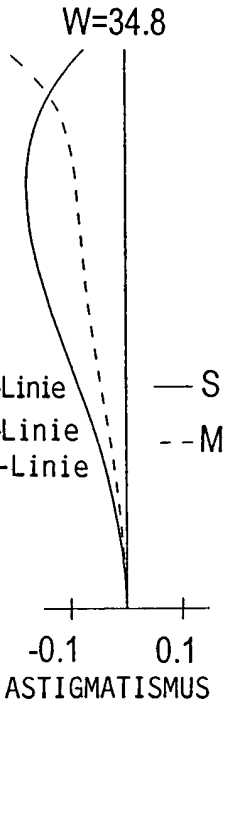


Fig.10D

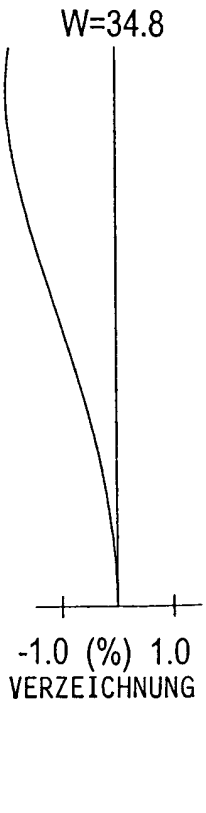


Fig.11A

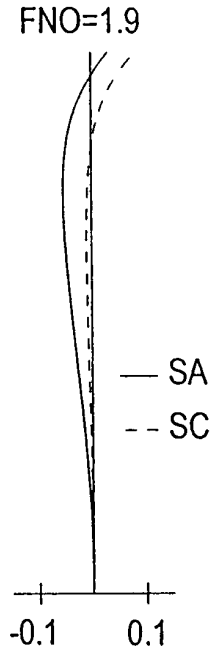


Fig.11B

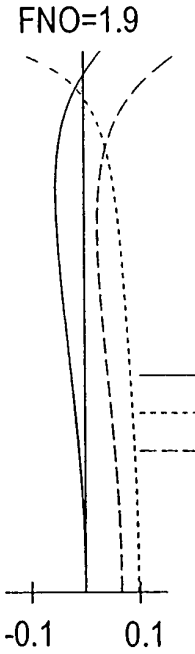


Fig.11C

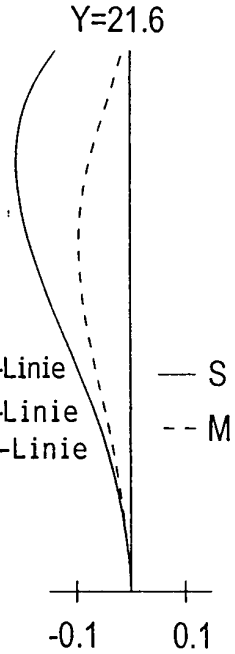


Fig.11D

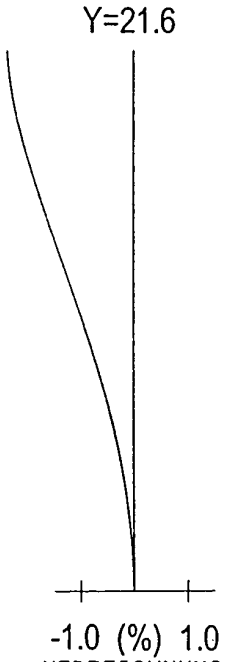


Fig.12A

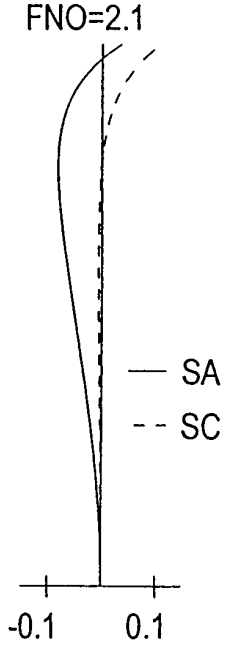


Fig.12B

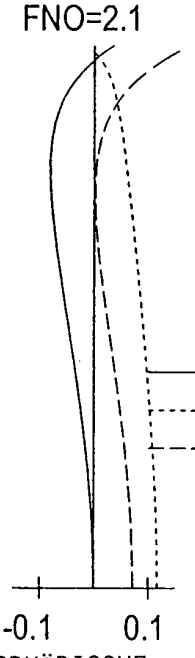


Fig.12C

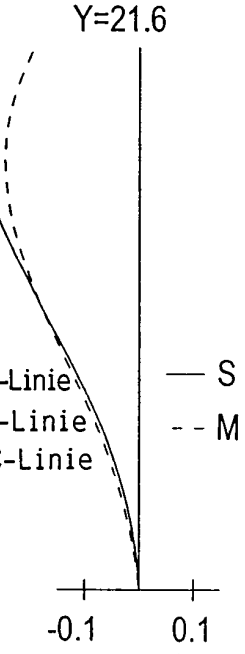


Fig.12D

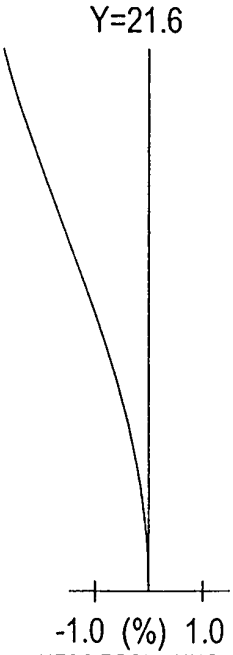


Fig.13

