(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 197 34 919 B4** 2005.02.10

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **197 34 919.6**
(22) Anmeldetag: **12.08.1997**
(43) Offenlegungstag: **19.02.1998**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **10.02.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G02B 15/17**
G02B 13/16, G02B 13/18

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
8-212653 12.08.1996 JP

(71) Patentinhaber:
Pentax Corp., Tokio/Tokyo, JP

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

(72) Erfinder:
Abe, Tetsuya, Sapporo, Hokkaido, JP; Ito, Takayuki, Tokio/Tokyo, JP; Enomoto, Takashi, Tokio/Tokyo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
GB 10 64 323

(54) Bezeichnung: **Varioobjektiv**

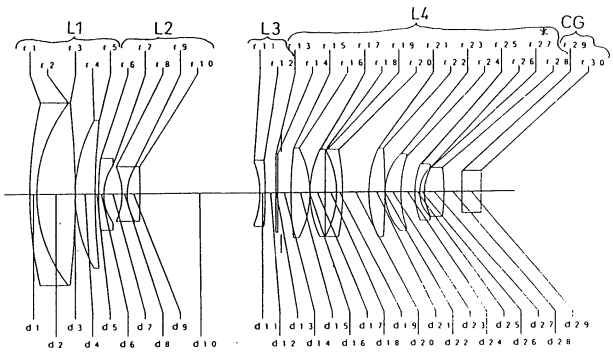
(57) Hauptanspruch: Varioobjektiv mit, von der Objektseite her gesehen, einer ersten Linsengruppe (L1) positiver Brechkraft, einer zweiten Linsengruppe (L2) negativer Brechkraft, einer dritten Linsengruppe (L3) negativer Brechkraft und einer vierten Linsengruppe (L4) positiver Brechkraft wobei in einer der vier Linsengruppen, von denen die zweite und die dritte Linsengruppe zur Brennweitenänderung bewegt werden, eine asphärische Fläche vorgesehen ist, die an einer Position angeordnet ist, die folgende Bedingung erfüllt

$$H_{ASP}/H_{MAX} < 0{,}35 \quad (1)$$

worin H_{MAX} die Höhe des Paraxialstrahls, der für alle Linsenflächen bei der Einstellung längster Brennweite am weitesten von der optischen Achse entfernt ist, und H_{ASP} die Höhe des Paraxialstrahls an der asphärischen Fläche bei der Einstellung längster Brennweite ist,
dadurch gekennzeichnet, daß es folgender Bedingung (2) genügt:

$$5 < L_{F-ASP}/f_w < 10 \quad (2)$$

worin L_{F-ASP} der Abstand der am weitesten objektseitig angeordneten Fläche der vierten Linsengruppe (L4) von der asphärischen Fläche längs der optischen Achse und f_w die Brennweite bei der Einstellung...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Varioobjektiv nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein solches Varioobjektiv kann in einer kleinen TV-Kamera, z.B. einer CCTV-Kamera verwendet werden. In kleinen TV-Kameras neuerer Entwicklung, in denen versucht wurde, die Größe ihrer Bildebene möglichst klein zu halten, werden CCD's (Festkörperbildgeräte) mit hoher Auflösung verwendet, die die Größe von etwa 1/3" (Länge der CCD-Diagonalen) haben. Zu diesem Zweck wird für das Varioobjektiv ein lichtstarkes Fotoobjektiv mit einer kleinen F-Zahl benötigt. Bei sphärischen Objektiven liegt jedoch die F-Zahl bei der Einstellung kürzester Brennweite im Minimum in dem Bereich F1,2 bis F1,4.

[0003] Es ist ein Varioobjektiv mit einer asphärischen Linse bekannt, dessen F-Zahl bei der Einstellung kürzester Brennweite in dem Bereich F0,8 bis F0,9 liegt. Bei dem bekannten Varioobjektiv wird jedoch eine asphärische Linse verwendet, deren Durchmesser relativ groß ist. Die asphärische Linse mit ihrem großen Durchmesser ist teuer.

Stand der Technik

[0004] Aus der GB-PS 1 064 323 ist ein Varioobjektiv bekannt, das von der Objektseite her gesehen eine erste Linsengruppe positiver Brechkraft, eine zweite Linsengruppe negativer Brechkraft, eine dritte Linsengruppe negativer Brechkraft und eine vierte Linsengruppe positiver Brechkraft umfaßt. Die zweite und die dritte Linsengruppe werden zur Brennweitenänderung bewegt. In einer der vier Linsengruppen ist eine asphärische Fläche vorgesehen.

Aufgabenstellung

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein preisgünstiges, lichtstarkes asphärisches Varioobjektiv anzugeben, das insbesondere in einer kleinen CCD-TV-Kamera mit einem CCD von etwa 1/3" eingesetzt werden kann, in dem die F-Zahl relativ klein ist, d.h. in einem Bereich von etwa F0,9 bis F1,0 liegt, und in dem sphärische Aberration, Koma-Aberration und Astigmatismus gut ausgeglichen sind.

[0006] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch das lichtstarke, asphärische Varioobjektiv mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der folgenden Beschreibung.

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

[0008] **Fig.** 1 die schematische Darstellung der Linsenanordnung eines lichtstarken asphärischen Varioobjektiv in einem ersten Ausführungsbeispiel,

[0009] **Fig.** 2A, 2B, 2C, 2D und 2E die Diagramme der Aberrationen des Objektivs nach **Fig.** 1 bei der Einstellung kürzester Brennweite,

[0010] **Fig.** 3A, 3B, 3C, 3D und 3E die Diagramme der Aberrationen des Objektivs nach **Fig.** 1 bei der Einstellung mittlerer Brennweite,

[0011] **Fig.** 4A, 4B, 4C, 4D und 4E die Diagramme der Aberrationen des Objektivs nach **Fig.** 1 bei der Einstellung längster Brennweite,

[0012] **Fig.** 5 die schematische Darstellung der Linsenanordnung des lichtstarken, asphärischen Varioobjektivs in einem zweiten Ausführungsbeispiel,

[0013] **Fig.** 6A, 6B, 6C, 6D und 6E die Diagramme der Aberrationen des Objektivs nach **Fig.** 5 bei der Einstellung kürzester Brennweite,

[0014] **Fig.** 7A, 7B, 7C, 7D und 7E die Diagramme der Aberrationen des Objektivs nach **Fig.** 5 bei der Einstellung mittlerer Brennweite,

[0015] **Fig.** 8A, 8B, 8C, 8D und 8E die Diagramme der Aberrationen des Objektivs nach **Fig.** 5 bei der Einstellung längster Brennweite,

[0016] **Fig.** 9 die schematische Darstellung der Linsenanordnung des lichtstarken, asphärischen Varioobjektivs in einem dritten Ausführungsbeispiel,

[0017] **Fig.** 10A, 10B, 10C, 10D und 10E die Diagramme der Aberrationen des Objektivs nach **Fig.** 9 bei der Einstellung kürzester Brennweite,

[0018] **Fig.** 11A, 11B, 11C, 11D und 11E die Diagramme der Aberrationen des Objektivs nach **Fig.** 9 bei der Einstellung mittlerer Brennweite,

[0019] **Fig.** 12A, 12B, 12C, 12D und 12E die Diagramme der Aberrationen des Objektivs nach **Fig.** 9 bei der Einstellung längster Brennweite und

[0020] **Fig.** 13 die schematische Darstellung von Bewegungsbahnen der einzelnen Linsengruppen des Varioobjektivs.

Ausführungsbeispiel

[0021] Wie in **Fig.** 13 dargestellt ist, enthält ein erfindungsgemäßes Varioobjektiv eine erste Linsengruppe L1 mit positiver Brechkraft, eine zweite Linsengruppe L2 mit negativer Brechkraft (Variator), eine dritten Linsengruppe L3 mit negativer Brechkraft (Kompensator) und eine vierte Linsengruppe L4 mit positiver Brechkraft. Die Linsengruppen L1 bis L4 sind ausgehend von der Objektseite in dieser Reihenfolge angeordnet. Bei der Brennweitenänderung werden die erste und die vierte Linsengruppe L1 und L4 nicht bewegt, während die zweite und die dritte Linsengruppe L2 und L3 bewegt werden. Die Vergrößerung (Brechkraft) wird nämlich durch die zweite Linsengruppe L2 variiert, und die Korrektur wird durch die dritte Linsengruppe L3 ausgeführt. Das Scharfstellen erfolgt durch die erste Linsengruppe L1. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Position einer in dem Varioobjektiv enthaltenen asphärischen Linse so spezifiziert, daß die Herstellungskosten verringert werden, die Aperturgröße erhöht und die Leistung gesteigert wird.

[0022] Die Bedingung (1) des Anspruchs 1 spezifiziert die Position der asphärischen Fläche. Ist eine asphärische Linse mit ihrer asphärischen Fläche so angeordnet, daß die Beziehung (1) erfüllt ist, so kann eine asphärische Fläche mit kleinem Durchmesser verwendet werden, wodurch die Herstellungskosten verringert werden können. Übersteigt das in der Bedingung (1) angegebene Verhältnis die Grenze, so wird die asphärische Linse so groß, daß keine ausreichende Verringerung der Herstellungskosten zu erwarten ist.

[0023] Ist die asphärische Linse an einer Position angeordnet, wie sie in der Bedingung (2) des Anspruchs 1 spezifiziert ist, so können asphärische Aberration, Koma-Aberration und Astigmatismus gut. ausgeglichen werden.

[0024] Werden die Aberrationen des lichtstarken Objektivs, dessen F-Zahl etwa in dem Bereich von F0,8 bis F0,9 liegt, allein durch sphärische Linsen korrigiert, so treten positive und negative sphärische Aberrationen (Aberrationen höherer Ordnung) tendentiell an den mittleren Randbereichen des lichtstarken Objektivs auf. Um die sphärische Aberrationen durch die asphärische Fläche zu korrigieren, ist die asphärische Fläche vorzugsweise eine divergierende Fläche, d.h, sie hat eine Brechkraft, die in negativer Richtung vom Zentrum zum Randbereich hin variiert.

[0025] Ist das in der Bedingung (2) angegebene Verhältnis gleich oder größer als die obere Grenze, so ist die Gesamtlänge des Objektivs unannehmbar groß. Ist das in der Bedingung (2) angegebene Verhältnis gleich oder kleiner als die untere Grenze, so kann der Astigmatismus durch die asphärische Fläche nicht effektiv korrigiert werden.

[0026] Ist die Bedingung (3) des Anspruchs 2 erfüllt, so kann die sphärische Aberration des lichtstarken Objektivs effektiv korrigiert werden. Übersteigt das Verhältnis die obere Grenze, so können die sphärischen Aberrationen des lichtstarken Objektivs, dessen F-Zahl in dem Bereich von F0,8 bis F0,9 liegt, nicht effektiv korrigiert werden.

[0027] Im folgenden wird das Ausmaß der wegen der asphärischen Fläche auftretenden Änderung in dem Koeffizienten der Aberration dritter Ordnung beschrieben. Die Form der asphärischen Fläche kann im allgemeinen wie folgt ausgedrückt werden.

$$X = CY^2/[1+\{1-(1+k)C^2Y^2\}^{1/2}]+A4Y^4+A6Y^6+- A8Y^8+ A10Y^{10}+...$$

worin
Y die Höhe über der Achse ist,
X die Entfernung von der Tangentialebene an den asphärischen Scheitel,
C die Krümmung des asphärischen Scheitels (1/r),
k eine Konizitätskonstante,
A4 ein asphärischen Aberrationsfaktor vierter Ordnung,
A6 ein asphärischen Aberrationsfaktor sechster Ordnung,
A8 ein asphärischen Aberrationsfaktor achter Ordnung und
A10 ein asphärischen Aberrationsfaktor zehnter Ordnung.

[0028] Um den Koeffizienten der Aberration zu erhalten, wird in dieser Gleichung folgende Umformung durchgeführt, um K nach 0 zu transformieren (Bi=Ai, falls K=0).

$B4 = A4+Kc^3/8$

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

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

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

[0029] Man erhält folgende Gleichung.

$X = CY^2/[1+\{1–C^2Y^2\}^{1/2}]+B4Y^4+B6Y^6+B8Y^8+B10Y^{10}+...$

[0030] Ist die Brennweite f auf 1,0 normiert, so wird der resultierende Wert wie folgt transformiert. In obige Gleichung werden folgende Gleichungen substituiert:
$X = x/f, Y = y/f, C = f•c$
$\alpha4 = f^3B4, \alpha6 = f^5B6, \alpha8 = f^7B8, \alpha10 = f^9B10$

[0031] Auf diese Weise erhält man folgende Gleichung.

$X = CY^2/[1+\{1 – C^2Y^2\}^{1/2}]+\alpha4Y^4+\alpha6Y^6+\alpha8Y^8+\alpha10Y^{10}+...$

[0032] Der zweite und die nachfolgenden Terme geben das Ausmaß der Asphärizität der asphärischen Fläche an.

[0033] Die Beziehung zwischen dem Koeffizienten A4 des zweiten Terms und dem Koeffizienten der asphärischen Fläche dritter Ordnung Φ wird wie folgt ausgedrückt:

$\Phi = 8(N' – N)\alpha4$

worin N den Brechungsindex des Materials angibt, das sich bezogen auf die asphärische Fläche näher der Objektseite befindet, und N' den Brechungsindex des Materials angibt, das sich hinter der asphärischen Fläche befindet.

[0034] Die Koeffizienten der asphärischen Fläche Φ liefern die folgenden Variationswerte in den Koeffizienten der verschiedenen Arten der Aberration dritter Ordnung.
$\Delta I = h^4\Phi$
$\Delta II = h^3k\Phi$
$\Delta III = h^2k^2\Phi$
$\Delta IV = h^2k^2\Phi$
$\Delta V = hk^3\Phi$
worin
I der sphärische Aberrationskoeffizient ist,
II der Koma-Koeffizient,
III der Astigmatismuskoeffizient,
IV der Krümmungsflächenkoeffizient einer asphärischen bildabgewandten Fläche
V ein Verzeichnungskoeffizient,
h die Höhe der Paraxialstrahlen, die durch jede Linsenfläche treten und

k die Höhe der außeraxialen Strahlen, die durch das Zentrum der Pupille und jede Linsenfläche treten.

[0035] Im folgenden werden numerische Beispiele des Varioobjektivs diskutiert.

Ausführungsbeispiel 1

[0036] **Fig.** 1 zeigt eine Linsenanordnung eines lichtstarken asphärischen Varioobjektivs und die **Fig.** 2A bis 2E, 3A bis 3E und 4A bis 3E zeigen die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach **Fig.** 1 bei der Einstellung kürzester Brennweite, mittlerer Brennweite und längster Brennweite. In dem ersten Ausführungsbeispiel besteht das Objektiv aus vier Linsengruppen mit einer ersten Linsengruppe L1 mit positiver Brechkraft, einer zweiten Linsengruppe L2 mit negativer Brechkraft, einer dritten Linsengruppe L3 mit negativer Brechkraft und einer vierten Linsengruppe L4 mit positiver Brechkraft. Die Linsengruppen L1 bis L4 sind ausgehend von der Objektseite in dieser Reihenfolge angeordnet. Hinter der vierten Linsengruppe L4 ist eine Glasabdeckung CG des CCD (Festkörperbildgerät) vorgesehen.

[0037] In Tabelle 1 sind numerische Daten des Objektivs aufgeführt. In den Diagrammen der Aberrationen sind die d-Linie, g-Linie und C-Linie die chromatischen Aberrationen, dargestellt durch die sphärischen Aberrationen und lateralen chromatischen Aberrationen bei den jeweiligen Wellenlängen, SA die sphärischen Aberrationen, SC die Sinusbedingungen, S die Sagittalstrahlen und M die Meridionalstrahlen.

[0038] In den folgenden Tabellen und Zeichnungen ist FNO die F-Zahl, f die Brennweite, W der halbe Feldwinkel, fB die hintere Bildweite (reduzierte Entfernung zwischen der letzten Fläche der vierten Linsengruppe und der CCD-Bildaufnahmefläche, d.h. der letzten Fläche der Glasabdeckung), R der Krümmungsradius, D die Entfernung zwischen den Linsen, Nd der Brechungsindex der d-Linie und vd die Abbe-Zahl der d-Linie.

Tabelle 1

FNO=1:0,9-0,9-1,2

f=5,98-18,37-56,38

W=27,9-8,9-2,9

fB=5,21+5,70/1,49782=9,02 (reduzierte hintere Bildweite)

Fläche Nr.	R	D	Nd	vd
1	121,500	2,00	1,80518	25,4
2	44,435	11,00	1,60311	60,7
3	-237,774	0,10	-	-
4	46,311	5,70	1,77250	49,6
5	206,715	1,00-22,39-33,40	-	-
6	94,860	1,50	1,80400	46,6

7	15,117	5,08	-	-
8	-19,750	1,50	1,77250	49,6
9	15,142	3,70	1,84666	23,8
10	-176,700	34,29-8,48-4,20	-	-
11	-25,970	1,50	1,72916	54,7
12	-140,152	3,13-7,55-0,82	-	-
13	∞	0,50	1,51633	64,1
14	∞	1,00	-	-
Blende	∞	2,80	-	-
15	116,842	5,40	1,69680	55,5
16	-29,250	0,10	-	-
17	29,920	4,30	1,48749	70,2
18	∞	3,25	-	-
19	-27,188	1,70	1,84666	23,8
20	-69,476	7,59	-	-
21	31,342	4,70	1,58913	61,2
22	-210,000	0,10	-	-
23	16,160	4,60	1,48749	70,2
24	32,648	4,08	-	-
25	22,419	1,40	1,84666	23,8
26	10,000	1,37	-	-
27*	13,765	5,70	1,66625	55,2
28	-51,786	5,21	-	-
29	∞	5,70	1,49782	66,8
30	∞	-	-	-

* asphärische Fläche

Asphärizitätsdaten

Nr. 27; $K=0,00$, $A4=-0,39130\times10^{-4}$, $A6=-0,41090\times10^{-6}$

$A8=0,41830\times10^{-8}$, $A10=-0,35520\times10^{-10}$, $A12=0,00$

Ausführungsbeispiel 2

[0039] Die **Fig.** 5 bis 8E zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel des lichtstarken, asphärischen Varioobjektivs. **Fig.** 5 zeigt dessen Linsenanordnung und **Fig.** 6A bis 6E, 7A bis 7E und 8A bis 8E zeigen die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach **Fig.** 5 bei der Einstellung kürzester Brennweite, mittlerer Brennweite und längster Brennweite. In Tabelle 2 sind numerische Daten des zweiten Ausführungsbeispiels des Objektivs aufgeführt.

Tabelle 2

FNO=1:0,9-0,9-1,2

f=5,97-17,97-56,40

W=27,9-9,2-2,9

fB=5,73+5,70/1,49782=9,54 (reduzierte hintere Bildweite)

Fläche Nr.	R	D	Nd	νd
1	119,686	2,00	1,80518	25,4
2	47,086	11,00	1,60311	60,7
3	-261,938	0,10	-	-
4	44,168	5,83	1,77250	49,6
5	151,587	0,90-22,12-33,67	-	-
6	61,389	1,50	1,80400	46,6
7	14,495	5,08	-	-
8	-20,090	1,50	1,77250	49,6
9	17,012	3,70	1,84666	23,8
10	-521,517	34,37-8,96-2,91	-	-
11	-24,077	1,50	1,72916	54,7
12	-143,563	3,09-7,28-1,78	-	-
13	∞	0,50	1,51633	64,1
14	∞	1,00	-	-
Blende	∞	2,80	-	-
15	162,914	5,80	1,69680	55,5
16	-25,889	0,10	-	-
17	33,448	4,30	1,48749	70,2
18	13093,563	3,36	-	-
19	-23,722	1,70	1,84666	23,8
20	-56,630	7,59	-	-
21	27,856	5,76	1,58913	61,2
22	-125,505	0,10	-	-

23	17,183	4,60	1,48749	70,2
24	30,732	4,08	-	-
25*	18,621	1,40	1,84666	23,8
26	10,088	1,46	-	-
27	17,558	5,70	1,69680	55,5
28	-73,408	5,73	-	-
29	∞	5,70	1,49782	66,8
30	∞	-	-	-

* asphärische Fläche

Asphärizitätsdaten

Nr. 25; $K=0,00$, $A4=-0,25802\times10^{-4}$, $A6=0,22055\times10^{-7}$

$A8=-0,40327\times10^{-9}$, $A10=-0,18850\times10^{-11}$, $A12=0,00$

Ausführungsbeispiel 3

[0040] Die **Fig.** 9 bis 12E zeigen ein drittes Ausführungsbeispiel des lichtstarken, asphärischen Varioobjektivs. **Fig.** 9 zeigt dessen Linsenanordnung, und **Fig.** 10A bis 10E, 11A bis 11E und 12A bis 12E zeigen die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach **Fig.** 9 bei der Einstellung kürzester Brennweite, mittlerer Brennweite und längster Brennweite. In Tabelle 3 sind numerische Daten des dritten Ausführungsbeispiels aufgeführt.

Tabelle 3

FNO=1:0,9-0,9-1,2

f=5,97-18,41-56,80

W=28,1-8,9-2,9

fB=4,92+0,70/1,49782=8,73 (reduzierte hintere Bildweite)

Fläche Nr.	R	D	Nd	vd
1	115,143	2,00	1,80518	25,4
2	45,488	11,00	1,60311	60,7
3	-286,279	0,10	-	-

4	45,180	5,70	1,77250	49,6
5	178,536	1,00-22,39-33,39	-	-
6	87,668	1,50	1,80400	46,6
7	15,400	5,08	-	-
8	-20,714	1,50	1,77250	49,6
9	16,928	3,70	1,84666	23,8
10	-395,120	34,30-8,48-4,23	-	-
11	-26,889	1,50	1,72916	54,7
12	-180,438	3,13-7,56-0,80	-	-
13	∞	0,50	1,51633	64,1
14	∞	1,00	-	-
Blende	∞	2,80	-	-
15	138,372	5,40	1,69680	55,5
16	-27,374	0,10	-	-
17	30,972	4,30	1,48749	70,2
18	-2288,686	3,25	-	-
19	-26,058	1,70	1,84666	23,8
20	-61,063	7,59	-	-
21	29,575	4,70	1,58913	61,2
22	-296,899	0,10	-	-
23	16,370	4,60	1,48749	70,2
24	30,245	4,08	-	-
25	20,774	1,40	1,84666	23,8
26*	10,099	1,37	-	-
27	15,410	5,70	1,69680	55,5
28	-49,051	4,92	-	-
29	∞	5,70	1,49782	66,8
30	∞	-	-	-

* asphärische Fläche

Asphärizitätsdaten

Nr. 26; $K=0,00$, $A4=0,39268\times10^{-4}$, $A6=0,65465\times10^{-7}$

$A8=-0,71951\times10^{-9}$, $A10=0,57682\times10^{-10}$, $A12=0,00$

[0041] Werte für die in den Ungleichungen (1) bis (3) gegebenen Verhältnisse sind für jedes Ausführungsbeispiel in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4

	Ausführungsbeispiel 1	Ausführungsbeispiel 2	Ausführungsbeispiel 3
Formel (1)	0,21	0,25	0,21
Formel (2)	6,45	6,26	6,23
Formel (3)	-0,73	-1,24	-0,97

[0042] Wie aus Tabelle 4 ersichtlich ist, erfüllen die numerischen Werte des ersten bis dritten Ausführungsbeispiels die Bedingungen (1) bis (3).

[0043] Es kann also ein lichtstarkes, asphärisches Varioobjektiv zu günstigen Herstellungskosten angegeben werden, dessen F-Zahl bei der Einstellung kürzester Brennweite in dem Bereich von etwa 0,9 bis 1,0 liegt.

Patentansprüche

1. Varioobjektiv mit, von der Objektseite her gesehen, einer ersten Linsengruppe (L1) positiver Brechkraft, einer zweiten Linsengruppe (L2) negativer Brechkraft, einer dritten Linsengruppe (L3) negativer Brechkraft und einer vierten Linsengruppe (L4) positiver Brechkraft wobei in einer der vier Linsengruppen, von denen die zweite und die dritte Linsengruppe zur Brennweitenänderung bewegt werden, eine asphärische Fläche vorgesehen ist, die an einer Position angeordnet ist, die folgende Bedingung erfüllt

$$H_{ASP}/H_{MAX} < 0{,}35 \quad (1)$$

worin H_{MAX} die Höhe des Paraxialstrahls, der für alle Linsenflächen bei der Einstellung längster Brennweite am weitesten von der optischen Achse entfernt ist, und H_{ASP} die Höhe des Paraxialstrahls an der asphärischen Fläche bei der Einstellung längster Brennweite ist,
dadurch gekennzeichnet, daß es folgender Bedingung (2) genügt:

$$5 < L_{F-ASP}/f_w < 10 \quad (2)$$

worin L_{F-ASP} der Abstand der am weitesten objektseitig angeordneten Fläche der vierten Linsengruppe (L4) von der asphärischen Fläche längs der optischen Achse und f_w die Brennweite bei der Einstellung kürzester Brennweite ist.

2. Varioobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es folgender Bedingung (3) genügt:

$$\Delta I_{ASP} < 0 \quad (3)$$

worin ΔI_{ASP} ein Aberrationsfaktor des asphärischen Terms des sphärischen Aberrationsfaktors dritter Ordnung der asphärischen Linse ist, wenn die Brennweite des gesamten Objektivs bei der Einstellung kürzester Brennweite auf 1,0 normiert ist.

3. Varioobjektiv nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die asphärische Fläche in der vierten Linsengruppe (L4) angeordnet ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

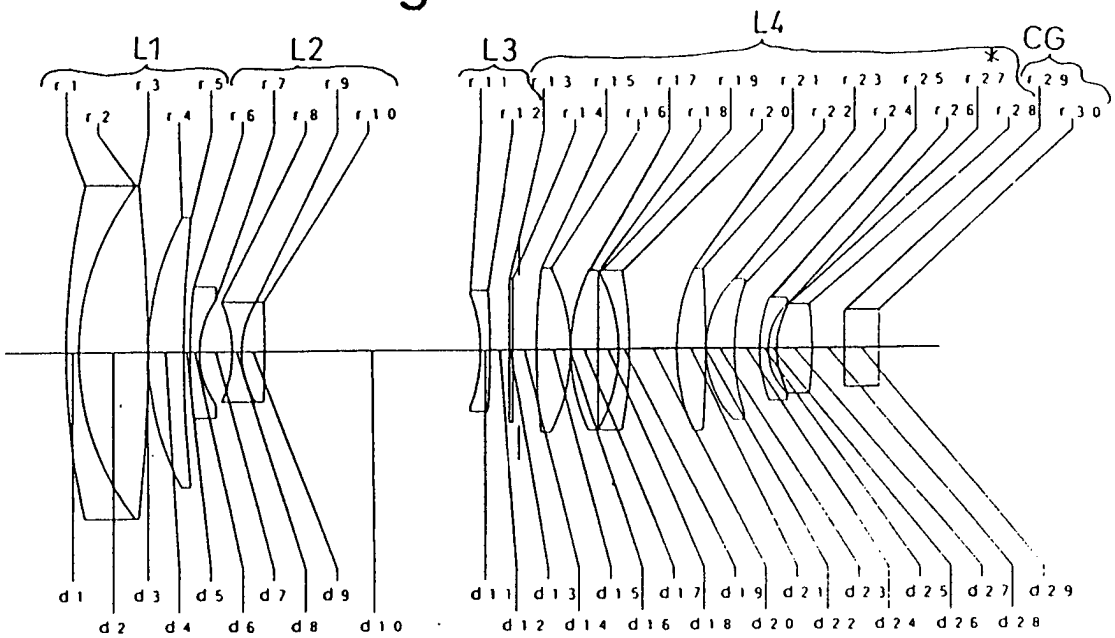


Fig.2A Fig.2B Fig.2C Fig.2D Fig.2E

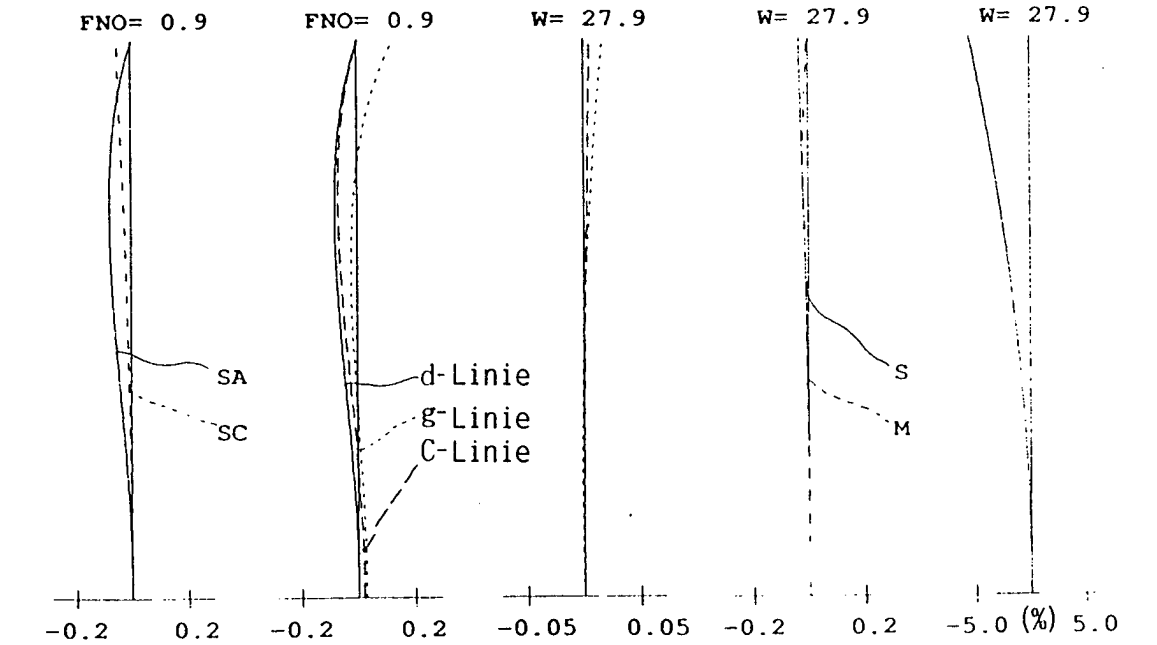


Fig.3A Fig.3B Fig.3C Fig.3D Fig.3E

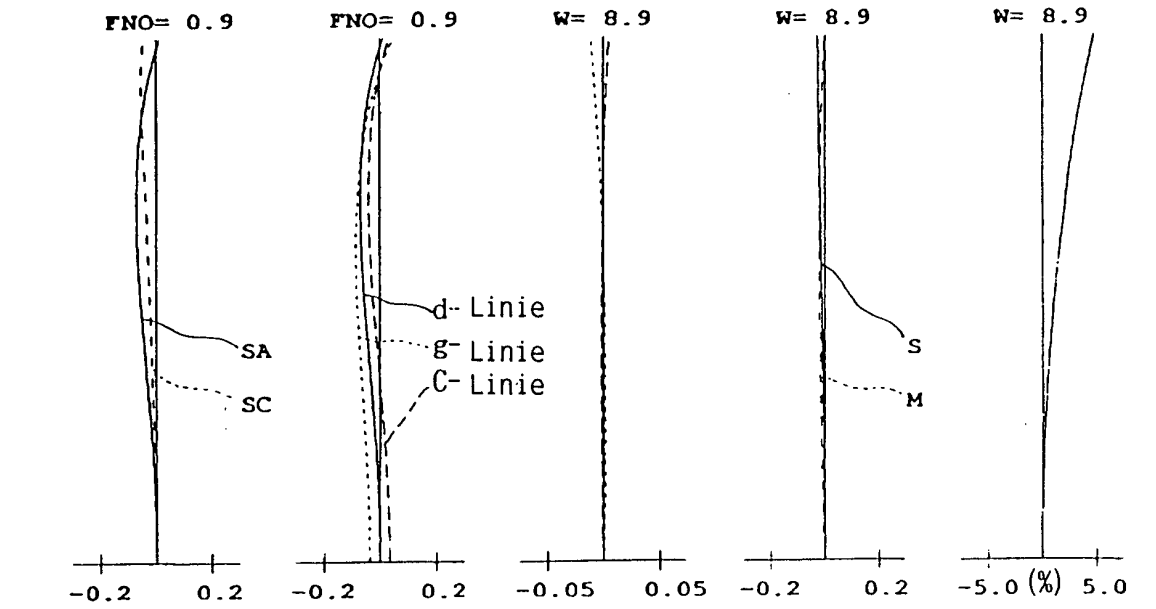


Fig.4A Fig.4B Fig.4C Fig.4D Fig.4E

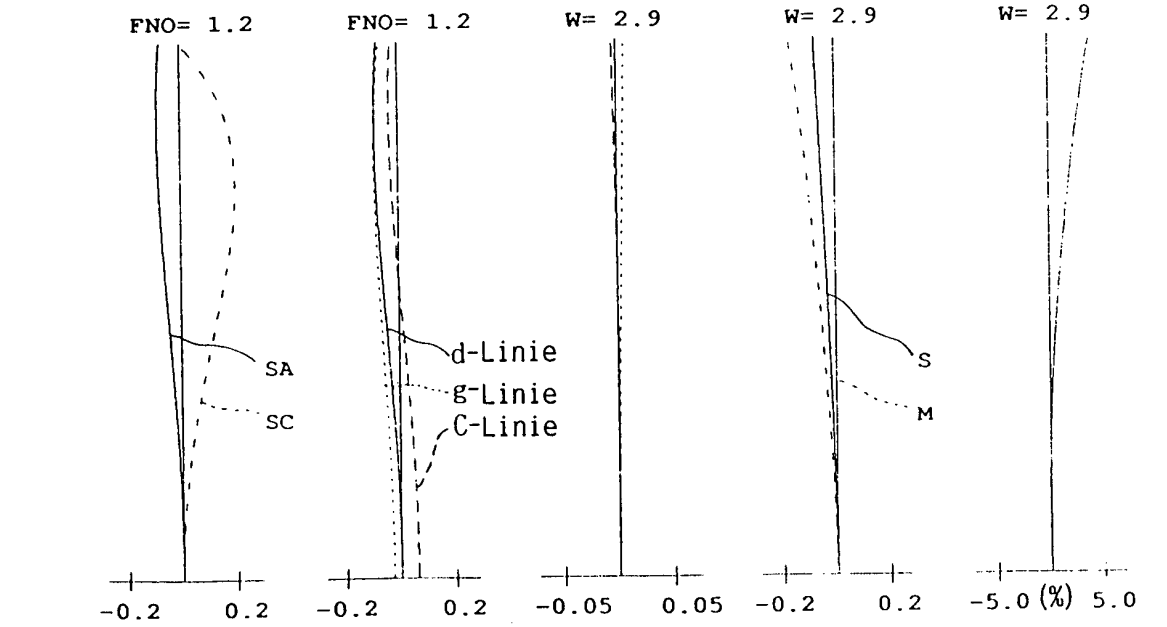


Fig.5

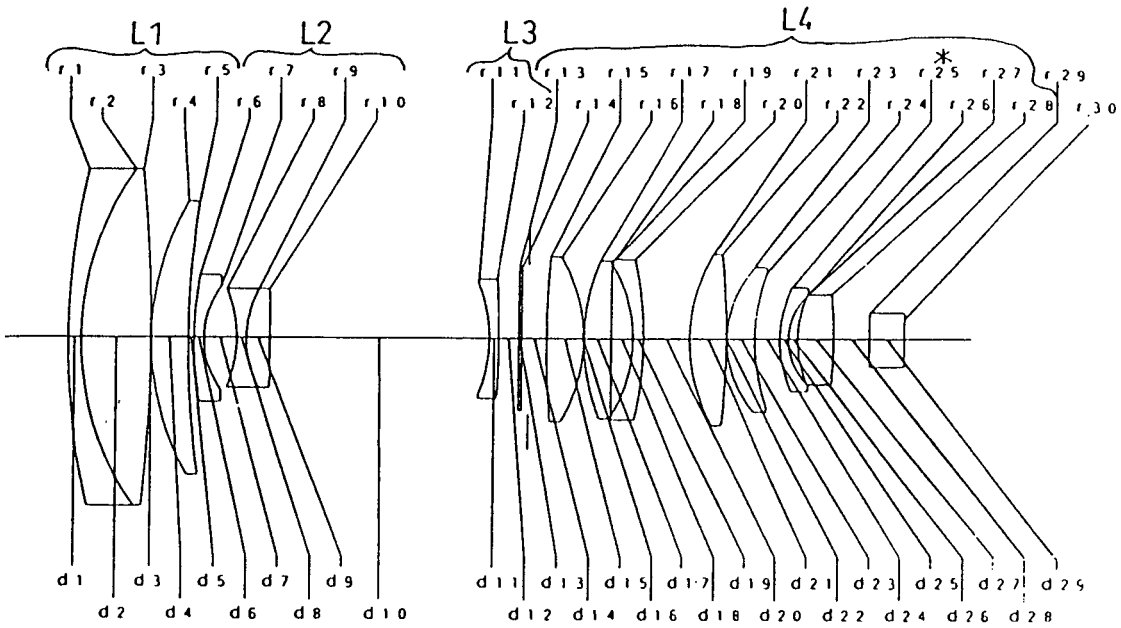


Fig.6A Fig.6B Fig.6C Fig.6D Fig.6E

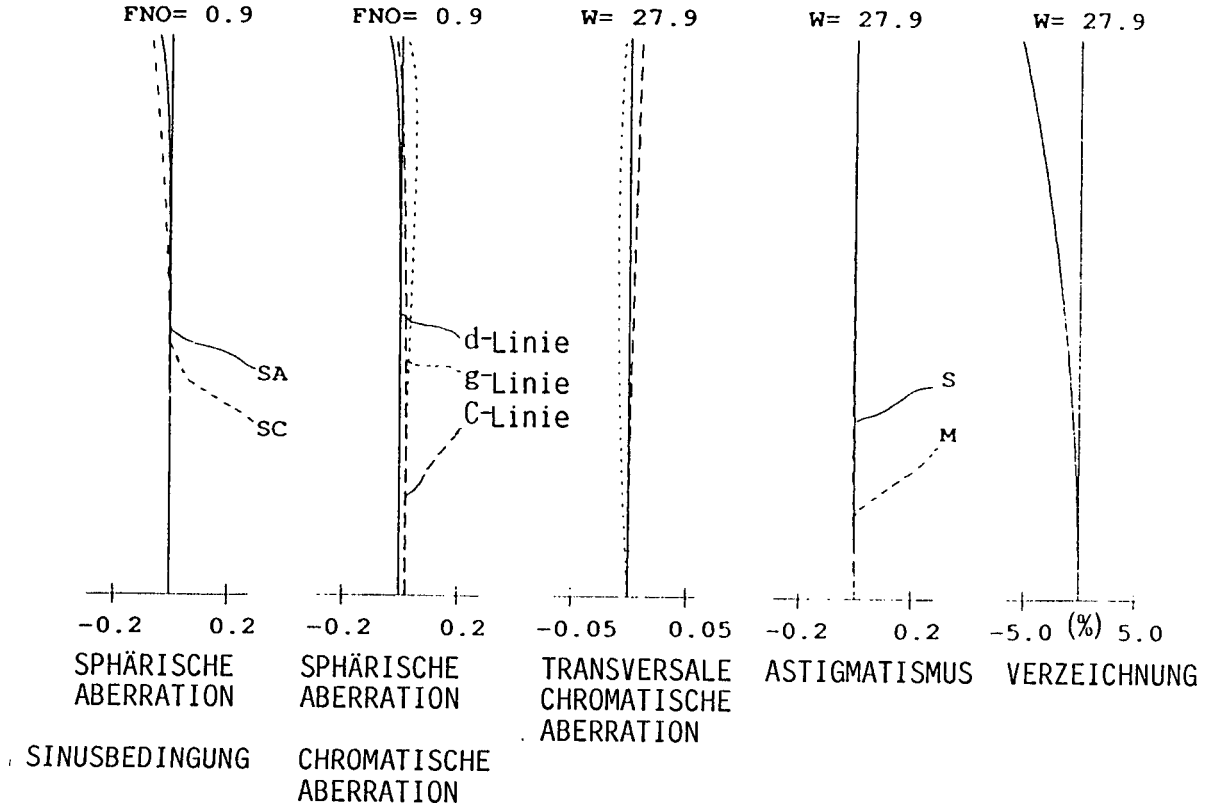


Fig.7A Fig.7B Fig.7C Fig.7D Fig.7E

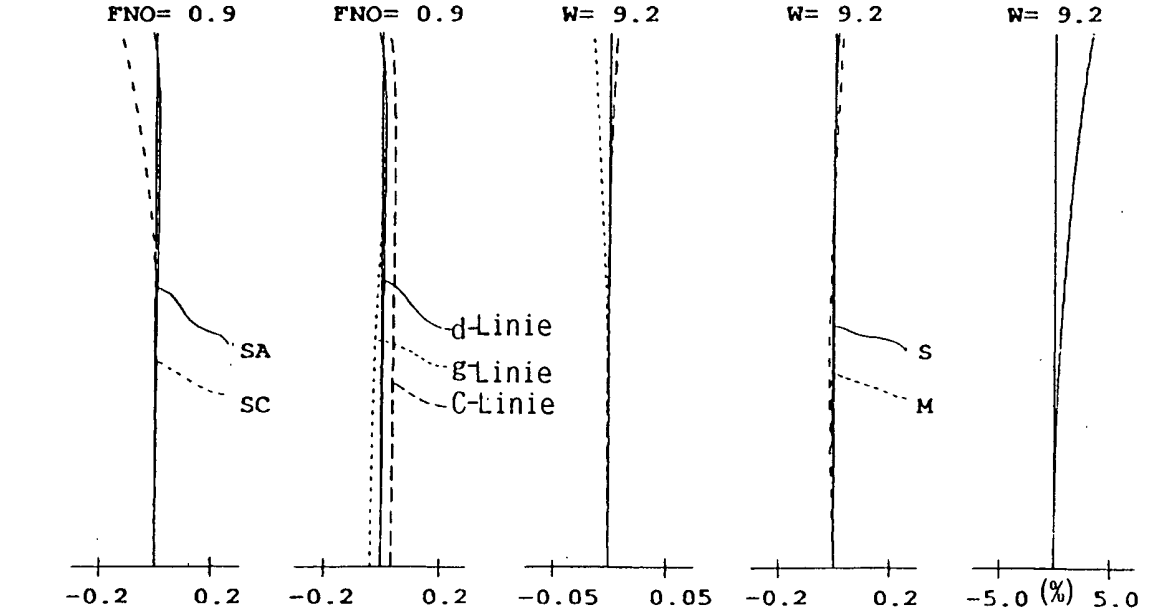


Fig.8A Fig.8B Fig.8C Fig.8D Fig.8E

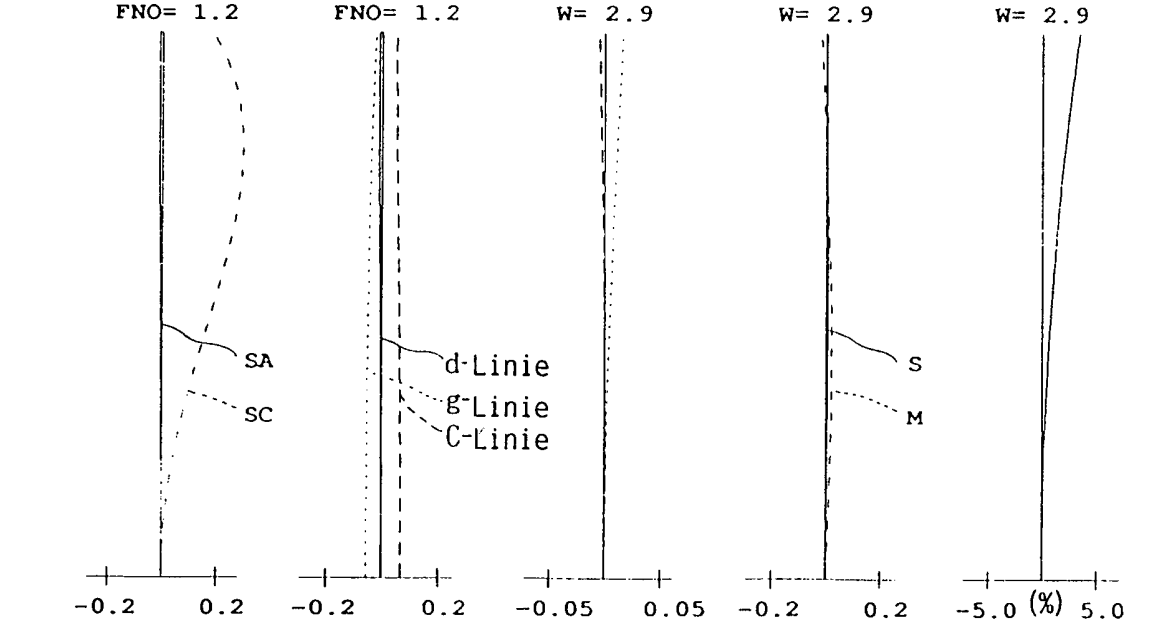


Fig. 9

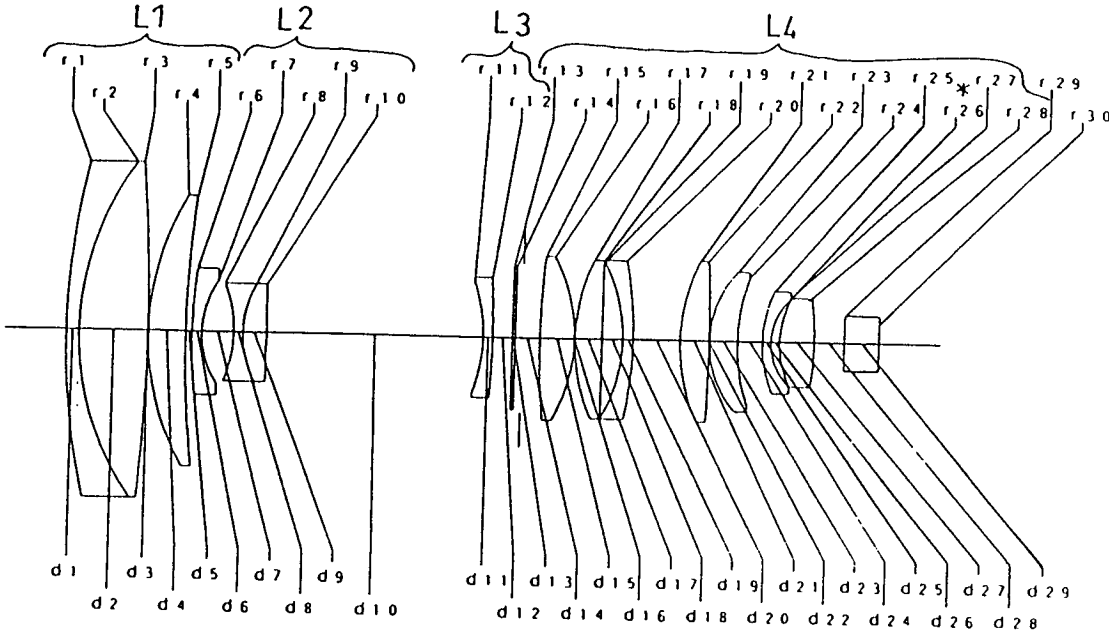


Fig. 10A Fig. 10B Fig. 10C Fig. 10D Fig. 10E

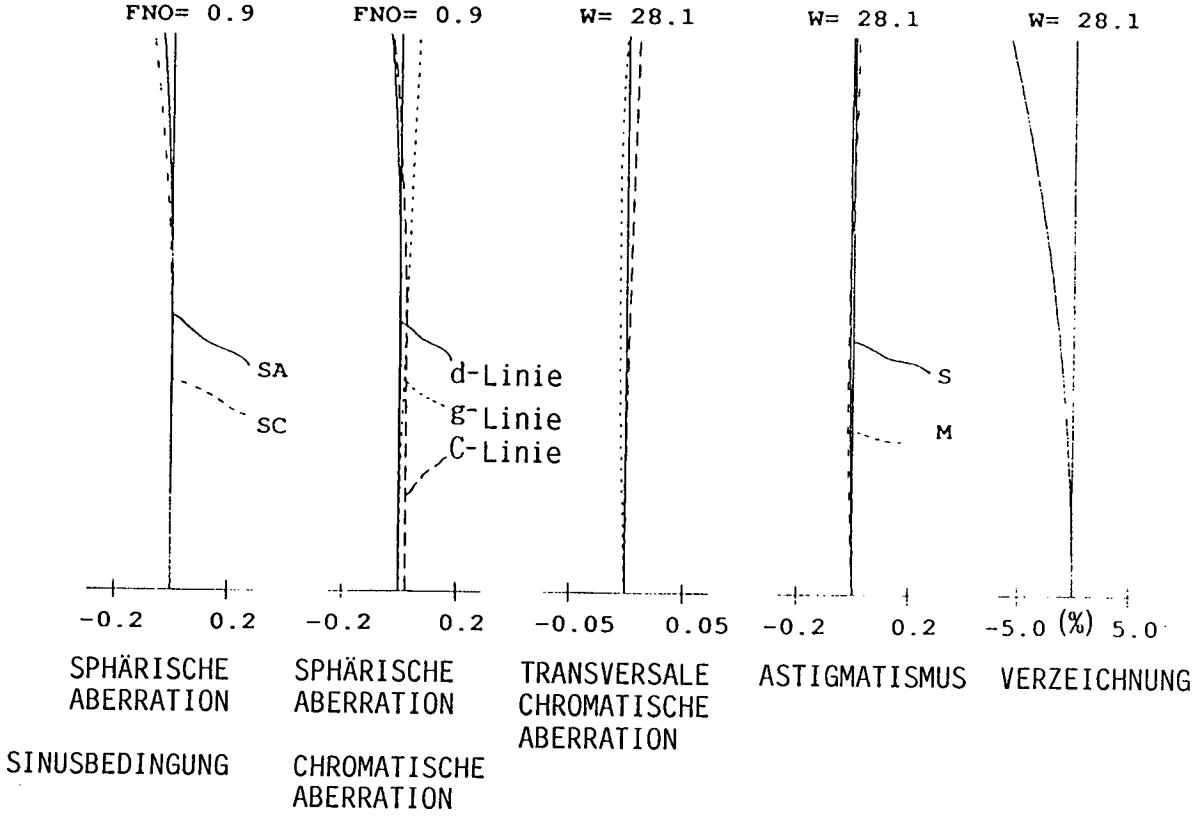


Fig.11A Fig.11B Fig.11C Fig.11D Fig.11E

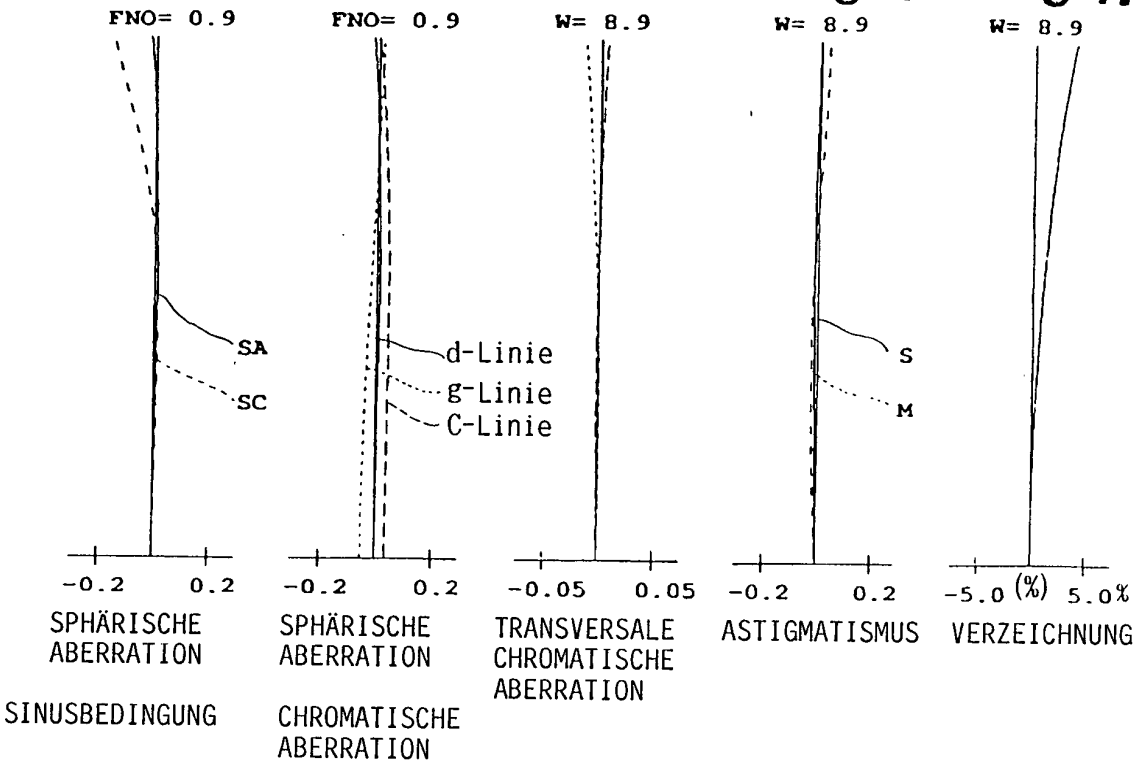


Fig.12A Fig.12B Fig.12C Fig.12D Fig.12E

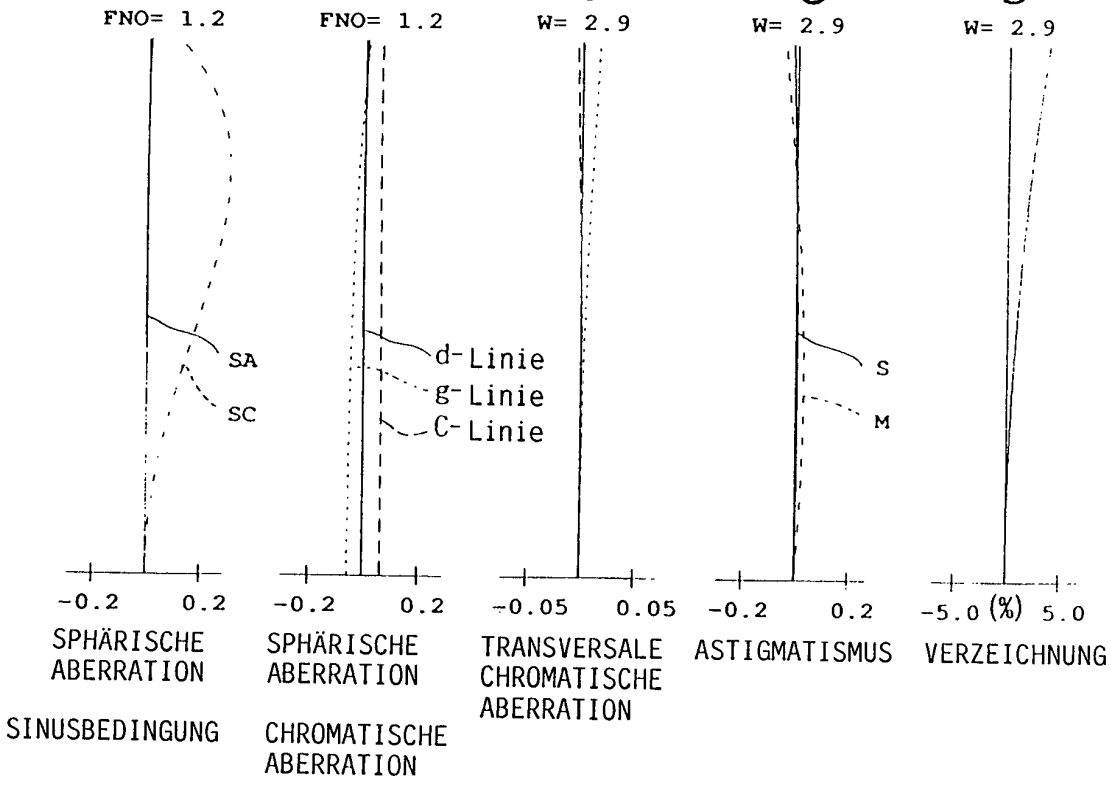


Fig. 13

