(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 45 485 B4** 2006.12.14

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **198 45 485.6**
(22) Anmeldetag: **02.10.1998**
(43) Offenlegungstag: **08.04.1999**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **14.12.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G02B 15/177*** (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:
9-269694 02.10.1997 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:
DE 29 27 478 C2

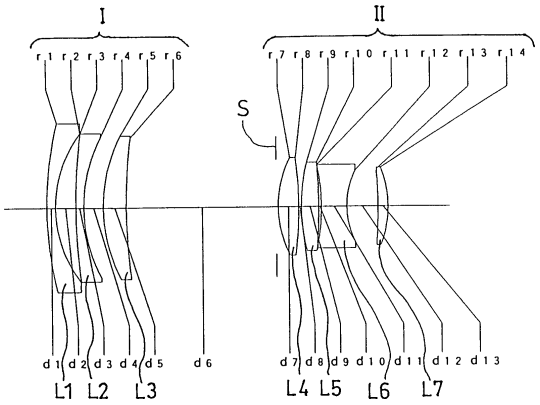
(54) Bezeichnung: **Weichzeichnungsvariolinsensystem**

(57) Hauptanspruch: Weichzeichnungsvariolinsensystem mit einer negativen Frontlinsengruppe (I) und einer positiven Hinterlinsengruppe (II), die unter Änderung ihres gegenseitigen Abstandes zur Brennweitenänderung bewegbar sind, wobei folgende Bedingungen erfüllt sind:

$SAU/f_w < -0{,}10$ (1)

$0{,}8 < D_w/f_w < 2{,}0$ (2)

worin
SAU die sphärische Randaberration bei der Einstellung kürzester Brennweite bei vollständig geöffneter Blende,
f_w die Brennweite des Gesamtlinsensystems bei der Einstellung kürzester Brennweite sowie
D_w den axialen Abstand zwischen der am weitesten bildseitig angeordneten Fläche der Frontlinsengruppe (I) und der am weitesten objektseitig angeordneten Fläche der Hinterlinsengruppe (II) bei der Einstellung kürzester Brennweite bezeichnet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Weichzeichnungsvariolinsensystem, das sich in einem Varioobjektiv befindet, das hauptsächlich als Wechselobjektiv für eine einäugige Spiegelreflexkamera verwendet wird.

[0002] Weichzeichnungsvariolinsensysteme werden hauptsächlich zur Aufnahme von Porträts in Teleobjektivsystemen verwendet, die einen vergleichsweise geringen Feldwinkel haben. Andererseits werden seit kurzem für Weitwinkellinsensysteme mit einem größeren Feldwinkel Weichzeichnungsvariolinsensysteme verwendet, um Weichzeichnungseffekte bei der Aufnahme entfernter Landschaft zu erzielen. Es ist jedoch noch kein Weitwinkelvariolinsensystem verfügbar, das ausgehend vom Weitwinkelbereich bis hin zum Telebereich Weitwinkeleffekte erzeugen kann.

Stand der Technik

[0003] Aus der DE 29 27 478 C2 ist ein Variolinsensystem bekannt, das eine negative Frontlinsengruppe und eine positive Hinterlinsengruppe enthält. Die beiden Linsengruppen sind unter Änderung ihres gegenseitigen Abstandes zur Brennweitenänderung bewegbar. Die Hinterlinsengruppe enthält eine positive und eine negative Untergruppe sowie eine Aperturblende, die bei Vergrößerung der Brennweite relativ zu den Untergruppen zur Bildseite hin bewegt wird.

Aufgabenstellung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Weitewinkelvariolinsensystem anzugeben, das sowohl die Aufnahme von entfernten als auch von nahen Ansichten, z.B. von Landschaften und Portraits, mit Weichzeichnungseffekten ermöglicht.

[0005] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Weichzeichnungsvariolinsensystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0006] Das Weichzeichnungsvariolinsensystem arbeitet in der Weitwinkeleinstellung als Weitwinkellinsensystem. Es kann sowohl für entfernte Ansichten, z.B. Landschaftsaufnahmen, als auch für nahe Ansichten, z.B. Portraitaufnahmen, Weichzeichnungseffekte erzeugen.

[0007] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung erfüllt das Weichzeichnungsvariolinsensystem die Bedingung (4) des Anspruchs 3. Durch diese Weiterbildung werden hauptsächlich sphärische Aberrationen erzeugt, während andere außeraxiale Aberrationen so weit wie möglich unterdrückt werden.

[0008] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann die Hinterlinsengruppe in zwei oder drei Unterlinsengruppen aufgeteilt sein, die zur Brennweitenänderung relativ zueinander bewegbar sind, wobei auch der Abstand zwischen der Frontlinsengruppe und der Hinterlinsengruppe zur Brennweitenänderung variiert wird.

[0009] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der folgenden Beschreibung.

[0010] Die Erfindung wird im folgenden an Hand der Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

[0011] Fig. 1 die Linsenanordnung eines Weichzeichnungsvariolinsensystems in einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0012] Fig. 2A, Fig. 2B, Fig. 2C und Fig. 2D die Diagramme der Aberrationen des Linsensystems nach Fig. 1 bei einer Einstellung kürzester Brennweite,

[0013] Fig. 3A, Fig. 3B, Fig. 3C und Fig. 3D die Diagramme der Aberrationen des Linsensystems nach Fig. 1 bei einer Einstellung mittlerer Brennweite,

[0014] Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 4C und Fig. 4D die Diagramme der Aberrationen des Linsensystems nach Fig. 1 bei einer Einstellung längster Brennweite,

[0015] Fig. 5 die Linsenanordnung des Weichzeichnungsvariolinsensystem in einem zweiten Ausführungsbeispiel,

[0016] Fig. 6A, Fig. 6B, Fig. 6C und Fig. 6D die Diagramme der Aberrationen des Linsensystems nach Fig. 5 bei einer Einstellung kürzester Brennweite,

[0017] Fig. 7A, Fig. 7B, Fig. 7C und Fig. 7D die Diagramme der Aberrationen des Linsensystems nach Fig. 5 bei einer Einstellung mittlerer Brennweite,

[0018] Fig. 8A, Fig. 8B, Fig. 8C und Fig. 8D die Diagramme der Aberrationen des Linsensystems nach Fig. 5 bei einer Einstellung längster Brennweite,

[0019] Fig. 9 die Linsenanordnung des Weichzeichnungsvariolinsensystems in einem dritten Ausführungsbeispiel,

[0020] Fig. 10A, Fig. 10B, Fig. 10C und Fig. 10D die Diagramme der Aberrationen des Linsensystems nach Fig. 9 bei einer Einstellung kürzester Brennweite,

[0021] Fig. 11A, Fig. 11B, Fig. 11C und Fig. 11D die Diagramme der Aberrationen des Linsensystems nach Fig. 9 bei einer Einstellung mittlerer Brennweite,

[0022] Fig. 12A, Fig. 12B, Fig. 12C und Fig. 12D die Diagramme der Aberrationen des Linsensystems nach Fig. 9 bei einer Einstellung längster Brennweite,

[0023] Fig. 13 die Wege zur Brennweitenänderung für das erste und zweite Ausführungsbeispiel und

[0024] Fig. 14 die Wege zur Brennweitenänderung für das dritte Ausführungsbeispiel.

Ausführungsbeispiel

[0025] Das Weichzeichnungslinsensystem gemäß einem der Ausführungsbeispiele der Erfindung basiert auf einem Retrofokus-Linsensystem mit zwei Linsengruppen. Das Linsensystem enthält, wie in Fig. 13 gezeigt, eine negative Frontlinsengruppe I und eine positive Hinterlinsengruppe II, die in der genannten Reihenfolge von der Objektseite aus gesehen angeordnet sind. Die Brennweitenänderung erfolgt durch Variieren des Abstandes zwischen der Frontlinsengruppe I und der Hinterlinsengruppe II. Wie in den Brennweitenänderungswegen nach Fig. 13 gezeigt, wird bei einer Brennweitenänderung ausgehend von der Einstellung kürzester Brennweite (Weitwinkel-Extremum) über den gesamten Zoombereich hin zur Einstellung längster Brennweite (Teleeinstellung) der Abstand zwischen den beiden Linsengruppen I und II verringert, wobei die Frontlinsengruppe I in Richtung der Bildseite und die Hinterlinsengruppe II in Richtung der Objektseite bewegt werden.

[0026] Das Weichzeichnungslinsensystem kann auch in einem Retrofokus-Linsensystem mit vier Linsengruppen eingesetzt werden, wie in Fig. 14 gezeigt ist. Bei einer Brennweitenänderung ausgehend von der Einstellung kürzester Brennweite über den gesamten Zoombereich hin zur Einstellung längster Brennweite verändern sich die Abstände zwischen den vier Linsengruppen I, II-1, II-2, II-3, während die am weitesten zur Objektseite hin angeordnete Linsengruppe I in Richtung der Bildseite und die übrigen Linsengruppen in Richtung der Objektseite bewegt werden.

[0027] Die Brennweitenänderungswege nach Fig. 13 gelten für das erste und das zweite Ausführungsbeispiel, während die Brennweitenänderungswege nach Fig. 14 für das dritte Ausführungsbeispiel gelten.

[0028] Die Bedingung (1) des Anspruchs 1 gibt das Verhältnis der sphärischen Aberration bei vollständig geöffneter Blende und Einstellung kürzester Brennweite zur Brennweite des gesamten Linsensystems bei der Einstellung kürzester Brennweite an. Ist die Bedingung (1) erfüllt, so tritt eine unterkorrigierte sphärische Aberration auf, so daß Weichzeichnungseffekte im Bereich ausgehend von der Einstellung kürzester Brennweite hin zur Einstellung längster Brennweite erhalten werden können und darüber hinaus ein weich defokussierter Hintergrund effektiv portraitiert werden kann.

[0029] Überschreitet SAU/f_w die obere Grenze, so tritt wenig sphärische Aberration auf und eine ausreichende Weichzeichnungswirkung kann nicht erhalten werden. Die vorstehend genannte "unterkorrigierte" sphärische Aberration ist in den Fig. 2A, Fig. 3A, Fig. 4A, Fig. 6A, Fig. 7A, Fig. 8A, Fig. 10A, Fig. 11A und Fig. 12A durch die gekrümmte Linie SA in Minus-Richtung (in Richtung –5,0) gegeben.

[0030] Die Bedingung (2) des Anspruchs 1 gibt das Verhältnis des Abstandes zwischen der Front- und der

Hinterlinsengruppe bei der Einstellung kürzester Brennweite und der Brennweite des gesamten Linsensystems an, um ein Brennweitenverhältnis von 2 oder mehr zu erhalten. Ist die Bedingung (2) erfüllt, so können Wirkungen eines variablen Brechkraftverhältnisses von 2 oder mehr erzielt werden.

[0031] Unterschreitet D_w/f_w die untere Grenze, so nehmen die Wirkungen variabler Brechkraft ab und es wird schwierig, ein Brennweitenverhältnis von 2 oder mehr zu erreichen.

[0032] Überschreitet D_w/f_w die obere Grenze, so kann man ein großes Brennweitenverhältnis erhalten. Eine solche Situation ist jedoch unerwünscht, da die Gesamtlänge des Linsensystems größer bemessen sein muß und zur Bereitstellung ausreichenden Randlichtes der Durchmesser der Frontlinsengruppe I vergrößert werden muß.

[0033] Die Bedingung (3) des Anspruchs 2 gibt das Verhältnis der Brennweite der negativen Frontlinsengruppe zur Brennweite des Gesamtlinsensystems bei der Einstellung kürzester Brennweite an. Ist die Bedingung (3) erfüllt, so ist die negative Brechkraft der Frontlinsengruppe geeignet eingestellt und damit eine ausreichende Bildqualität gewährleistet.

[0034] Unterschreitet f_w/f_F die untere Grenze, so wird die negative Brechkraft der Frontlinsengruppe zu stark und die Fluktuation der Bildfeldwölbung wächst bei der Brennweitenänderung an.

[0035] Überschreitet f_w/f_F die obere Grenze, so tritt eine unerwünschte Situation ein, da der Linsendurchmesser der Frontlinsengruppe zu groß wird oder ausreichendes Randlicht nicht gewährleistet ist.

[0036] Die Bedingung (4) des Anspruchs 3 ist hauptsächlich zur Erzeugung sphärischer Aberration vorgesehen, während andere außeraxiale Aberrationen so weit wie möglich unterdrückt werden. Genauer gesagt tritt wegen einer konvexen Fläche mit starker Brechkraft unterkorrigierte sphärische Aberration auf. Folglich kann in der Hinterlinsengruppe II, falls das am weitesten objektseitig angeordnete Linsenelement, das sich am nächsten der Blende S befindet, von einer konvexen Fläche (vgl. erstes und zweites Ausführungsbeispiel) gebildet wird, unterkorrigierte sphärische Aberration auftreten, während Koma-Aberration, Astigmatismus und Verzeichnung so weit wie möglich unterdrückt sind.

[0037] Falls r_{R-1}/f_W die untere Grenze unterschreitet, so tritt zwar unterkorrigierte sphärische Aberration auf, die Korrektur anderer außeraxialer Aberrationen wird jedoch im Grunde unmöglich.

[0038] Überschreitet r_{R-1}/f_W die obere Grenze, so tritt nur wenig unterkorrigierte sphärische Aberration auf und ausreichende Weichzeichnungseffekte können nicht erhalten werden.

[0039] Die Bedingung (5) des Anspruchs 4 legt direkt den halben Feldwinkel bei der Einstellung kürzester Brennweite fest. Ist W_W kleiner als die untere Grenze, so verfügt das Linsensystem nicht über einen halben Feldwinkel, wie er für ein Weitwinkellinsenelement vorgesehen ist.

[0040] Im folgenden werden besondere Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert.

Ausführungsbeispiel 1

[0041] Die Linsenanordnung des ersten Ausführungsbeispiels ist in **Fig. 1** gezeigt, deren Linsendaten in Tabelle 1. Das Linsensystem nach dem ersten Ausführungsbeispiel setzt sich aus einer negativen Frontlinsengruppe I, einer Blende S und einer positiven Hinterlinsengruppe II zusammen, die in der genannten Reihenfolge von der Objektseite aus gesehen angeordnet sind. Zur Brennweitenänderung wird der Abstand der Frontlinsengruppe I gegenüber der Hinterlinsengruppe II verändert. Die Frontlinsengruppe I setzt sich, von der Objektseite aus gesehen, zusammen aus einem negativen Meniskuslinsenelement L1 mit einer der Objektseite zugewandten konvexen Fläche, einem negativen Meniskuslinsenelement L2 mit einer der Objektseite zugewandten konvexen Fläche und einem positiven Linsenelement L3 mit einer der Objektseite zugewandten konvexen Fläche. Die Hinterlinsengruppe II setzt sich, von der Objektseite aus betrachtet, zusammen aus einem positiven Linsenelement L4, einem positiven Linsenelement L5, einem negativen Linsenelement L6 und einem positiven Linsenelement L7.

[0042] In den **Fig.** 2, 3 bzw. 4 sind die Aberrationen bei der Einstellung kürzester Brennweite, die Aberrationen bei der Einstellung mittlerer Brennweite bzw. die Aberrationen bei der Einstellung längster Brennweite gezeigt. In den Diagrammen der Aberrationen bezeichnet SA die sphärische Aberration und SC die Sinusbedin-

gung. Die g- und die c-Linie bezeichnen die laterale chromatische Aberration bei den jeweiligen Wellenlängen. S bezeichnet das Sagittal- und M das Meriodinal-Bild.

[0043] In den Tabellen und Diagrammen ist F_{NO} die F-Zahl, f die Brennweite, W der halbe Feldwinkel, f_B die hintere Bildweite, ri der Krümmungsradius der Linsenflächen, di die Dicke der Linsenelemente oder der Abstand zwischen den Linsenelementen, N der Brechungsindex bei der d-Linie und v die Abbe-Zahl bei der d-Linie.

Tabelle 1

F_{NO} = 1:4,0-4,0-4,0
f = 36,00-51,09-68,50 (Brennweitenverhältnis = 1,90)
W = 32,2°-23,0°-17,4°
f_B = 44,57-54,86-66,72

Fläche Nr.	ri	di	N	ν
1	86,775	1,98	1,83400	37,2
2	30,070	4,77	-	-
3	136,513	1,88	1,77250	49,6
4	36,782	4,58	-	-
5	38,040	5,37	1,80518	25,4
6	128,178	35,21-13,92-1,00	-	-
Blende	∞	0,50	-	-
7	26,309	4,82	1,7440	44,8
8	-90,483	0,67	-	-
9	45,895	4,04	1,65844	50,9
10	-130,049	0,64	-	-
11	-48,440	6,04	1,80518	25,4
12	19,918	7,33	-	-
13	-113,108	2,37	1,58144	40,7
14	-25,871	-	-	-

Ausführungsbeispiel 2

[0044] Die Linsenanordnung des zweiten Ausführungsbeispiels ist in Fig. 5 gezeigt, die numerischen Daten in Tabelle 2. Aberrationen bei der Einstellung kürzester Brennweite, Aberrationen bei der Einstellung mittlerer Brennweite und Aberrationen bei der Einstellung längster Brennweite sind für dieses Beispiel in den **Fig.** 6, 7 bzw. 8 gezeigt. Die Linsenanordnung ist im Grunde die gleiche wie für das erste Ausführungsbeispiel.

Tabelle 2

F_{NO} = 1:4,0-4,0-4,0
f = 36,00-52,00-68,50 (Brennweitenverhältnis = 1,90)
W = 32,2°-22,5°-17,3°
f_B = 42,39-52,05-62,02

Fläche Nr.	ri	di	N	ν
1	93,720	1,98	1,83400	37,2
2	28,700	4,24	-	-
3	69,120	1,88	1,80610	40,9
4	33,150	2,95	-	-
5	31,885	5,37	1,80518	25,4
6	89,072	40,61-16,43-3,32	-	-
Blende	∞	0,50	-	-
7*	39,600	3,50	1,7440	44,8
8	-132,321	0,10	-	-
9	21,200	4,04	1,65844	50,9
10	193,485	0,64	-	-
11	-206,849	6,04	1,80518	25,4
12	16,570	6,70	-	-
13	-92,459	2,23	1,58144	40,7
14	-28,475	-	-	-

* bezüglich der optischen Achse symmetrische, asphärische Fläche

[0045] Die asphärische Fläche ist im allgemeinen wie folgt definiert:

$$x = cy^2/\{1 + [1 - (1 + K)c^2y^2]^{1/2}\} + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10} + A12y^{12}...$$

worin mit

y der Abstand von der optischen Achse,
x der Abstand von einer Tangentialebene eines asphärischen Scheitels,
c eine Krümmung des asphärischen Scheitels (1/r),
K eine Konizitätskonstante,
A4 ein Asphärizitätskoeffizient vierter Ordnung,
A6 ein Asphärizitätskoeffizient sechster Ordnung,
A8 ein Asphärizitätskoeffizient achter Ordnung,
A10 ein Asphärizitätskoeffizient zehnter Ordnung,
A11 ein Asphärizitätskoeffizient elfter Ordnung und
A12 ein Asphärizitätskoeffizient zwölfter Ordnung

bezeichnet ist.

[0046] Daten der asphärischen Flächen:
Nr. 7: K = 0,00, A4 = 0,68301 × 10^{-5}

Ausführungsbeispiel 3

[0047] Die Linsenanordnung des dritten Ausführungsbeispiels ist in Fig. 9 gezeigt, die numerischen Daten in Tabelle 3. Aberrationen bei der Einstellung kürzester Brennweite, Aberrationen bei der Einstellung mittlerer Brennweite und Aberrationen bei der Einstellung längster Brennweite sind für dieses Ausführungsbeispiel in den **Fig.** 10, 11 bzw. 12 dargestellt.

[0048] Bei diesem Ausführungsbeispiel sind eine negative Frontlinsengruppe I und eine positive Hinterlinsengruppe II vorgesehen. Die Hinterlinsengruppe II setzt sich zusammen aus einer ersten Unterlinsengruppe II-1, einer zweiten Unterlinsengruppe II-2 und einer dritten Unterlinsengruppe II-3, die alle relativ zueinander beweglich sind. Die Blende S befindet sich zwischen den Unterlinsengruppen II-1 und II-2. Die Frontlinsengruppe I setzt sich, von der Objektseite aus gesehen, zusammen aus einer positiven Linsengruppe L1 mit einer der Objektseite zugewandten konvexen Fläche, einem negativen Meniskuslinsenelement L2 mit einer der Objektseite zugewandten konvexen Fläche, einem negativen Linsenelement L3 mit einer der Objektseite zugewandten konkaven Fläche und einer positiven Linse L4 mit einer der Objektseite zugewandten konvexen Fläche. Die erste Unterlinsengruppe II-1 in der Hinterlinsengruppe II setzt sich, von der Bildseite aus betrachtet, zusammen aus einem positiven Linsenelement L5 und einem verkitteten Linsensystem, das aus einem positiven Linsenelement L6 und einem negativen Linsenelement L7 besteht. Die zweite Unterlinsengruppe II-2 ist ein verkittetes Linsensystem, das aus einem positiven Linsenelement L8 und einem negativen Linsenelement L9 besteht. Die dritte Linsengruppe II-3 besteht, von der Objektseite aus betrachtet, aus einem verkitteten Linsensystem, das ein negatives Linsenelement L10 und ein positives Linsenelement L11 enthält, und einem positiven (unabhängigen) positiven Linsenelement L12.

[0049] Zur Brennweitenänderung werden der Abstand der Frontlinsengruppe I von der Hinterlinsengruppe II sowie die Abstände zwischen den Unterlinsengruppen II-1, II-2 und II-3 in der Hinterlinsengruppe II verändert.

Tabelle 3

F_{NO} = 1:4,7-3,8-3,0
f = 77,43-50,83-28,72 (Brennweitenverhältnis = 2,70)
W = 15,2°-22,8°-38,5°
f_B = 71,73-55,92-38,72

Fläche Nr.	ri	di	N	ν
1	143,891	2,77	1,80518	25,4
2	453,483	0,10	-	-
3	72,535	1,40	1,77250	49,6
4	20,739	8,84	-	-
5	-181,138	1,20	1,77250	49,6
6	95,501	4,02	-	-
7	51,522	3,03	1,84666	23,9
8	123,494	1,00-12,98-39,91	-	-

9	38,112	4,90	1,80400	46,6
10	-68,211	0,10	-	-
11	37,438	5,37	1,71300	53,9
12	-31,020	2,38	1,80518	25,4
13	48,271	7,16-3,74-1,80	-	-
Blende	∞	1,53	-	-
14	-56,973	4,29	1,80518	25,4
15	-16,166	1,00	1,74400	44,8
16	42,524	1,95-5,38-7,31	-	-
17	134,545	1,20	1,83400	37,2
18	28,241	6,63	1,48749	70,2
19	-25,197	0,10	-	-
20	84,524	2,00	1,80610	40,9
21	100,566	-	-	-

[0050] Tabelle 4 zeigt für die Ausführungsbeispiele 1 bis 3 die Werte für die einzelnen Bedingungen.

Tabelle 4

Beziehung	Ausführungsbeispiel 1	Ausführungsbeispiel 2	Ausführungsbeispiel 3
(1)	-0,13	-0,15	-0,25
(2)	0,99	1,14	1,39
(3)	-0,58	-0,53	-1,45
(4)	0,73	1,10	1,33
(5)	32,2	32,2	38,5

[0051] Wie aus Tabelle 4 hervorgeht, erfüllen die Ausführungsbeispiele 1 bis 3 die Bedingungen (1) bis (5). Darüber hinaus sind, wie in den Diagrammen der Aberrationen gezeigt, die verschiedenen Aberrationen vergleichsweise gut korrigiert.

Patentansprüche

1. Weichzeichnungsvariolinsensystem mit einer negativen Frontlinsengruppe (I) und einer positiven Hinterlinsengruppe (II), die unter Änderung ihres gegenseitigen Abstandes zur Brennweitenänderung bewegbar sind, wobei folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$SAU/f_w < -0,10 \quad (1)$$

$$0,8 < D_w/f_w < 2,0 \quad (2)$$

worin
SAU die sphärische Randaberration bei der Einstellung kürzester Brennweite bei vollständig geöffneter Blende,
f_w die Brennweite des Gesamtlinsensystems bei der Einstellung kürzester Brennweite sowie
D_w den axialen Abstand zwischen der am weitesten bildseitig angeordneten Fläche der Frontlinsengruppe (I) und der am weitesten objektseitig angeordneten Fläche der Hinterlinsengruppe (II) bei der Einstellung kürzester Brennweite bezeichnet.

2. Weichzeichnungsvariolinsensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin folgende Bedingung erfüllt ist:

$$-2 < f_w/f_F < -0{,}5 \quad (3)$$

worin f_F die Brennweite der Frontlinsengruppe (I) ist.

3. Weichzeichnungsvariolinsensystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin folgende Bedingung erfüllt ist:

$$0{,}5 < r_{R\text{-}1}/f_w < 1{,}4 \quad (4)$$

worin $r_{R\text{-}1}$ den Krümmungsradius der objektseitigen Fläche des positiven Linsenelementes bezeichnet, das unter positiven Linsenelementen der Hinterlinsengruppe (II) am weitesten objektseitig angeordnet ist.

4. Weichzeichnungsvariolinsensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin folgende Bedingung erfüllt ist:

$$25° < W_w \quad (5)$$

worin W_w der halbe Feldwinkel bei der Einstellung kürzester Brennweite ist.

5. Weichzeichnungsvariolinsensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die hintere Linsengruppe (II) mehrere Unterlinsengruppen (II-1, II-2, II-3) enthält, die zur Brennweitenänderung relativ zueinander bewegbar sind.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

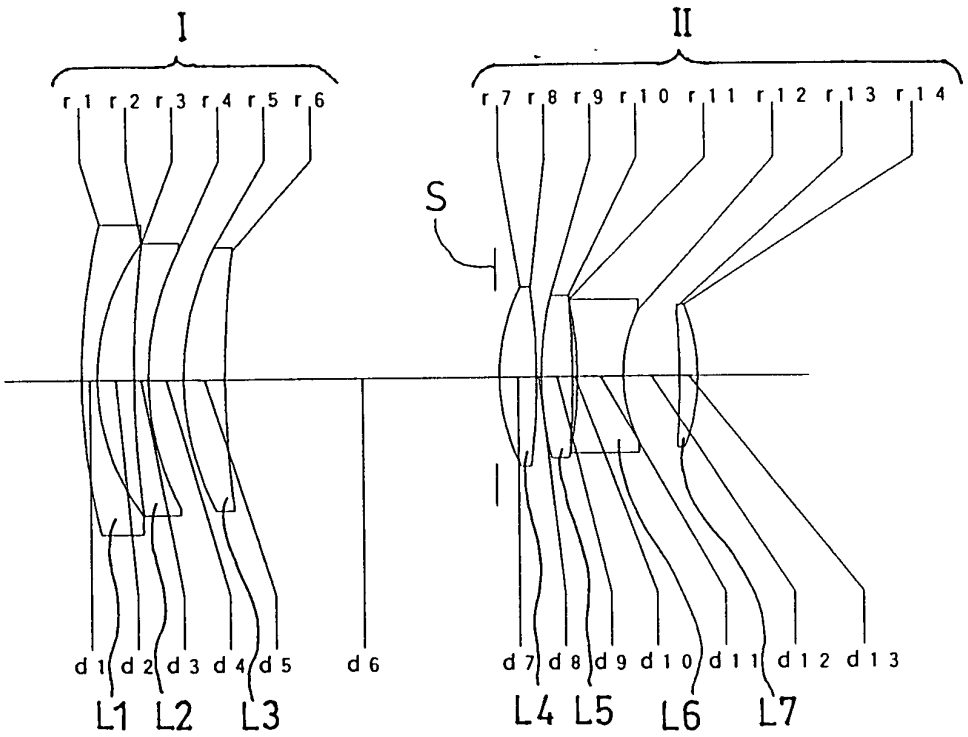
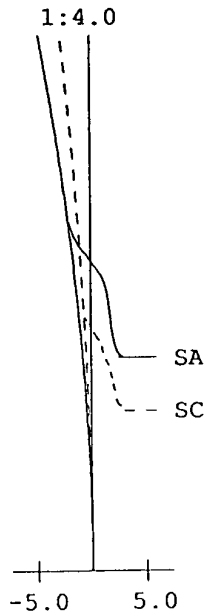


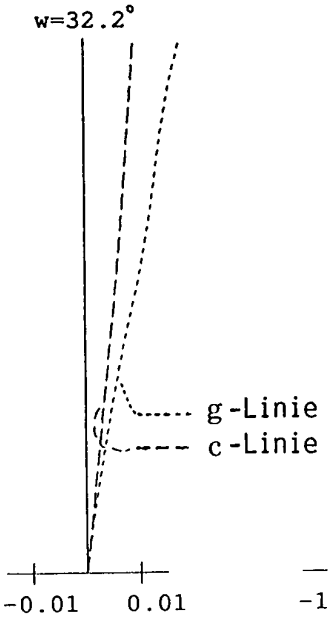
Fig.2A



SPHÄRISCHE ABERRATION

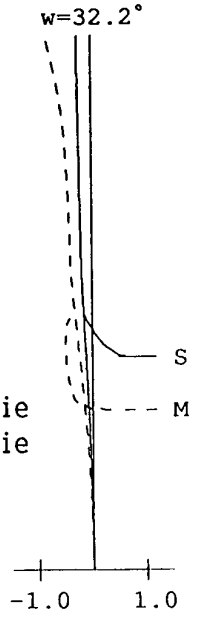
SINUS-BEDINGUNG

Fig.2B



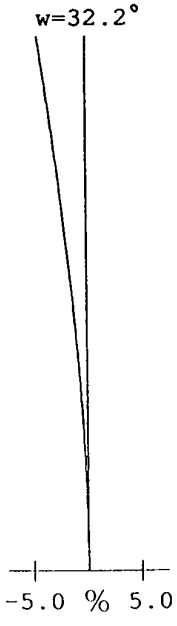
LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION

Fig.2C



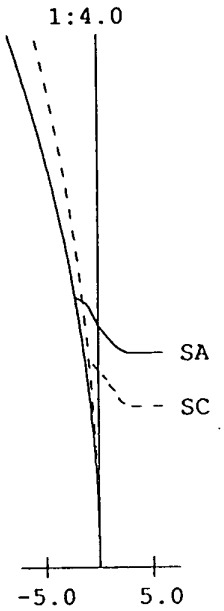
ASTIGMATISMUS

Fig.2D



VERZEICHNUNG

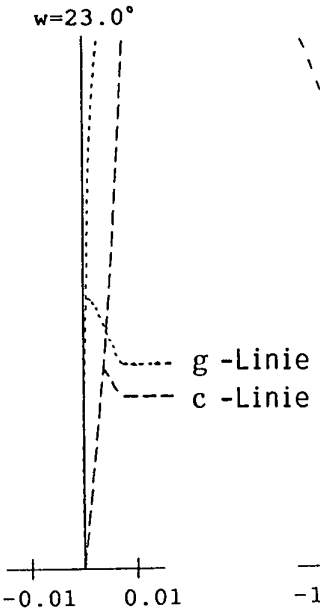
Fig.3A



SPHÄRISCHE ABERRATION

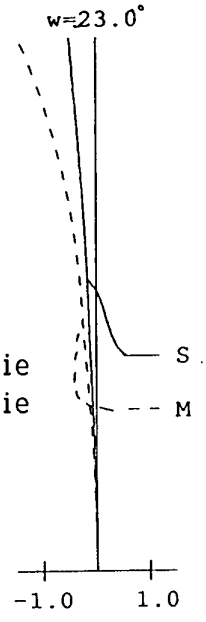
SINUS-BEDINGUNG

Fig.3B



LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION

Fig.3C



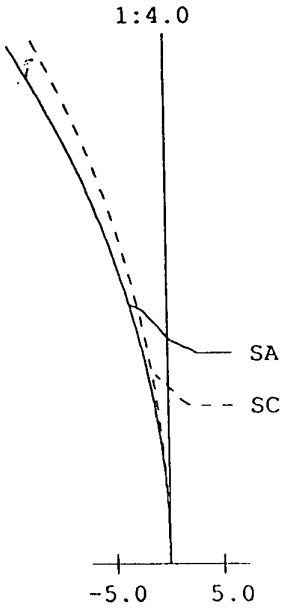
ASTIGMATISMUS

Fig.3D



VERZEICHNUNG

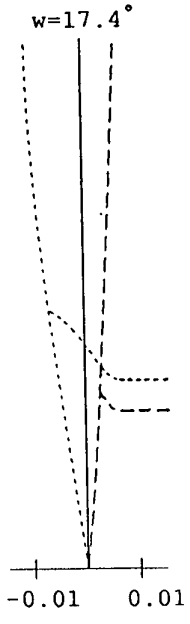
Fig.4A



SPHÄRISCHE ABERRATION

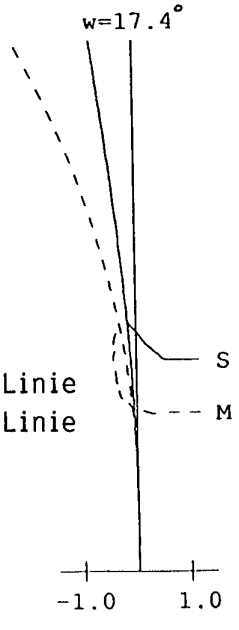
SINUS-BEDINGUNG

Fig.4B



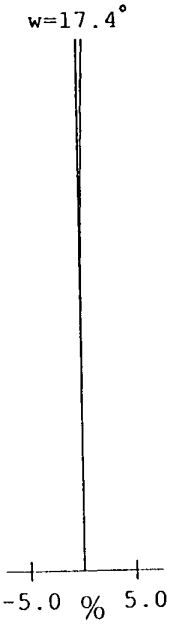
LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION

Fig.4C



ASTIGMATISMUS

Fig.4D



VERZEICHNUNG

Fig.5

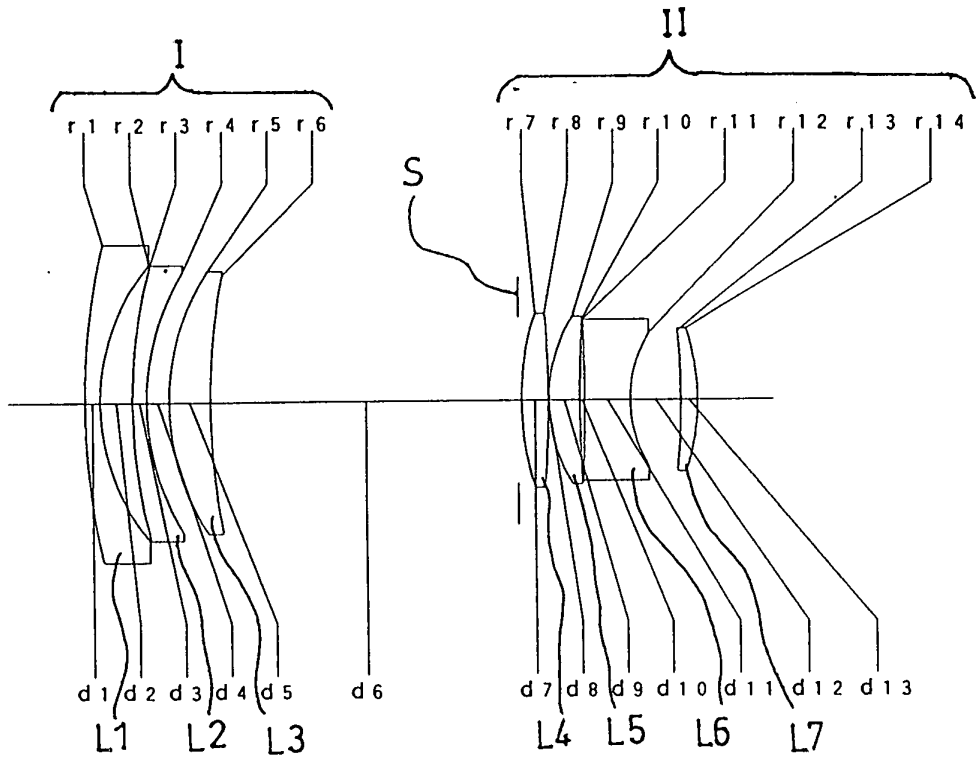


Fig.6A Fig.6B Fig.6C Fig.6D

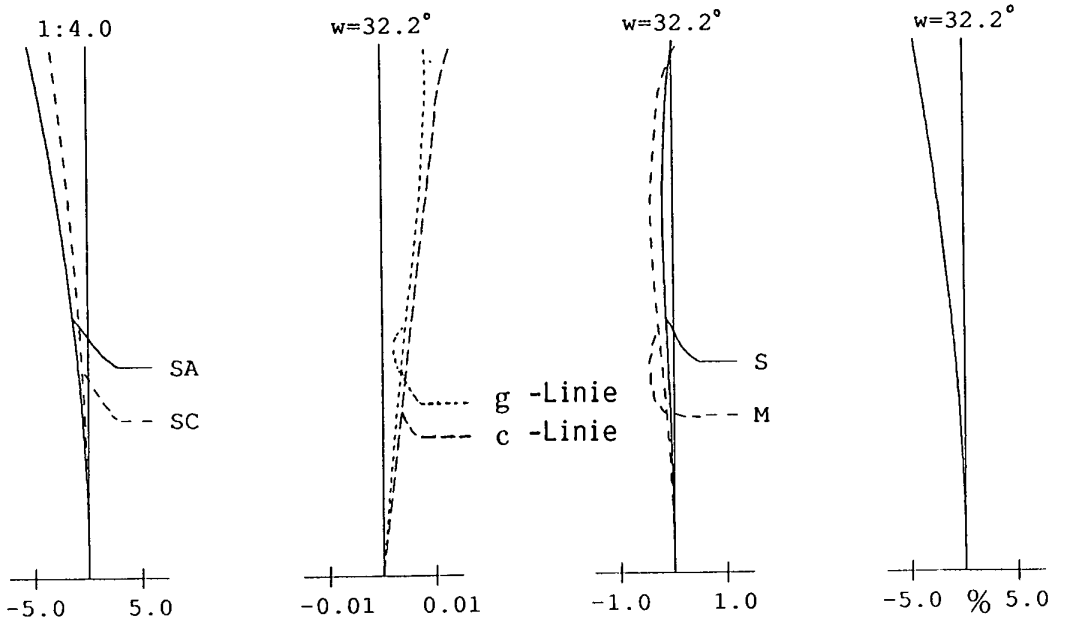
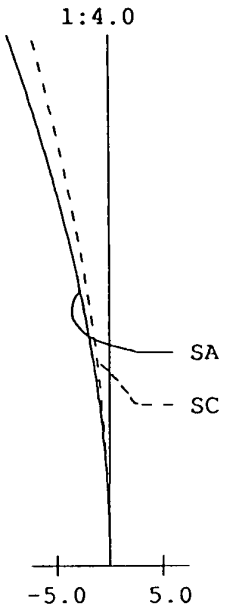


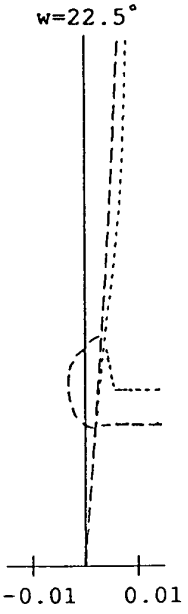
Fig.7A



SPHÄRISCHE ABERRATION

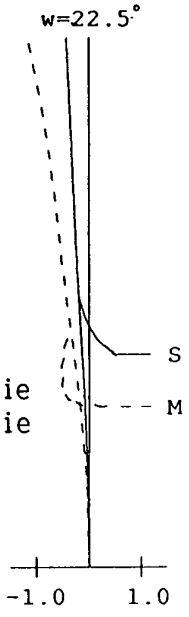
SINUS-BEDINGUNG

Fig.7B



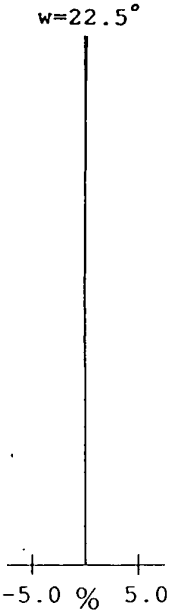
LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION

Fig.7C



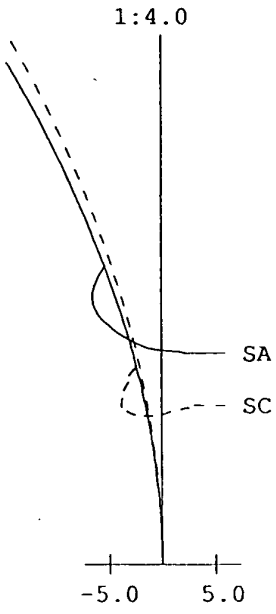
ASTIGMATISMUS

Fig.7D



VERZEICHNUNG

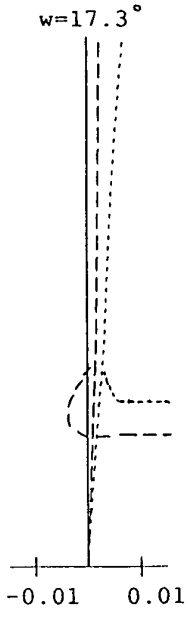
Fig.8A



SPHÄRISCHE ABERRATION

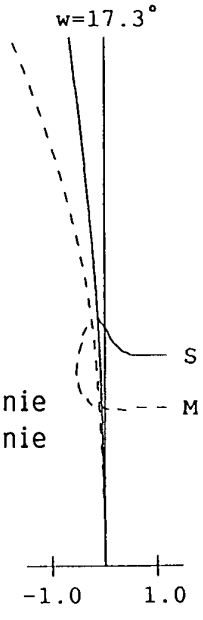
SINUS-BEDINGUNG

Fig.8B



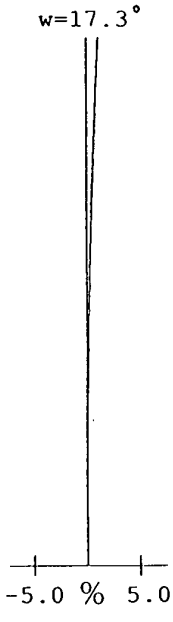
LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION

Fig.8C



ASTIGMATISMUS

Fig.8D



VERZEICHNUNG

Fig.9

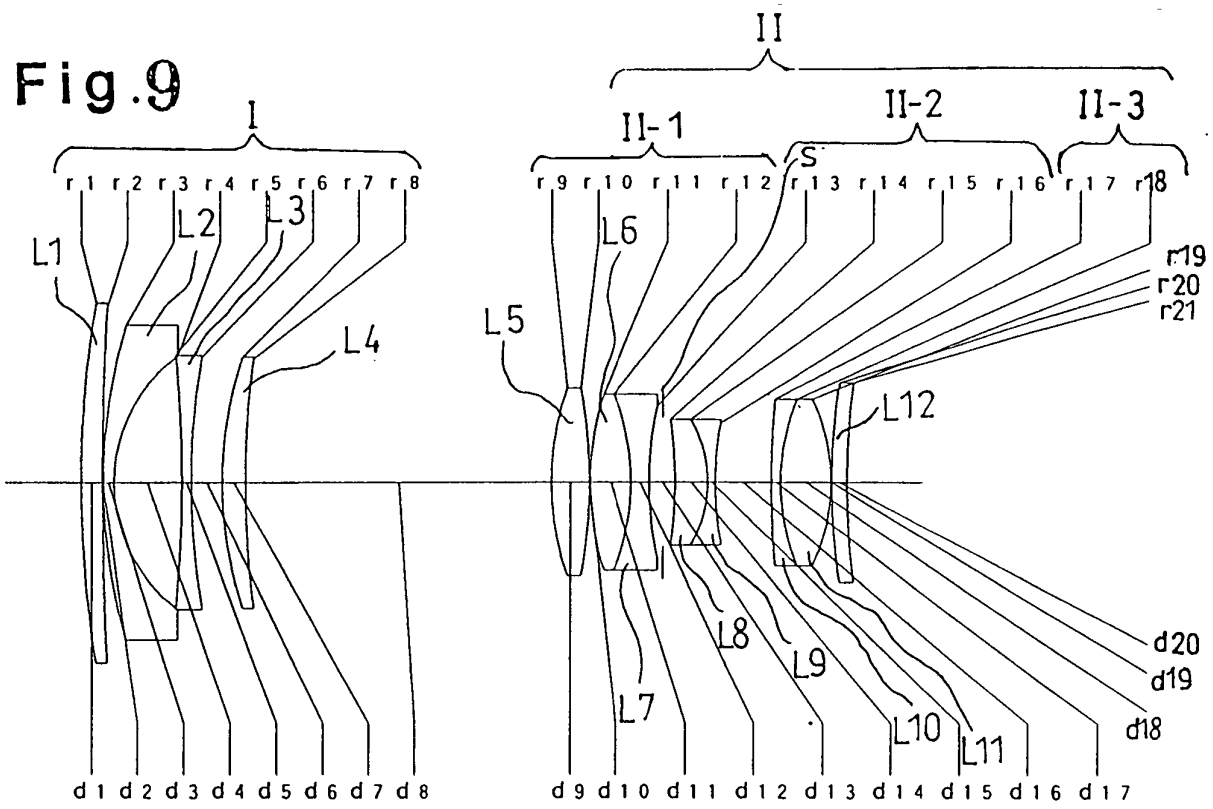


Fig.10A Fig.10B Fig.10C Fig.10D

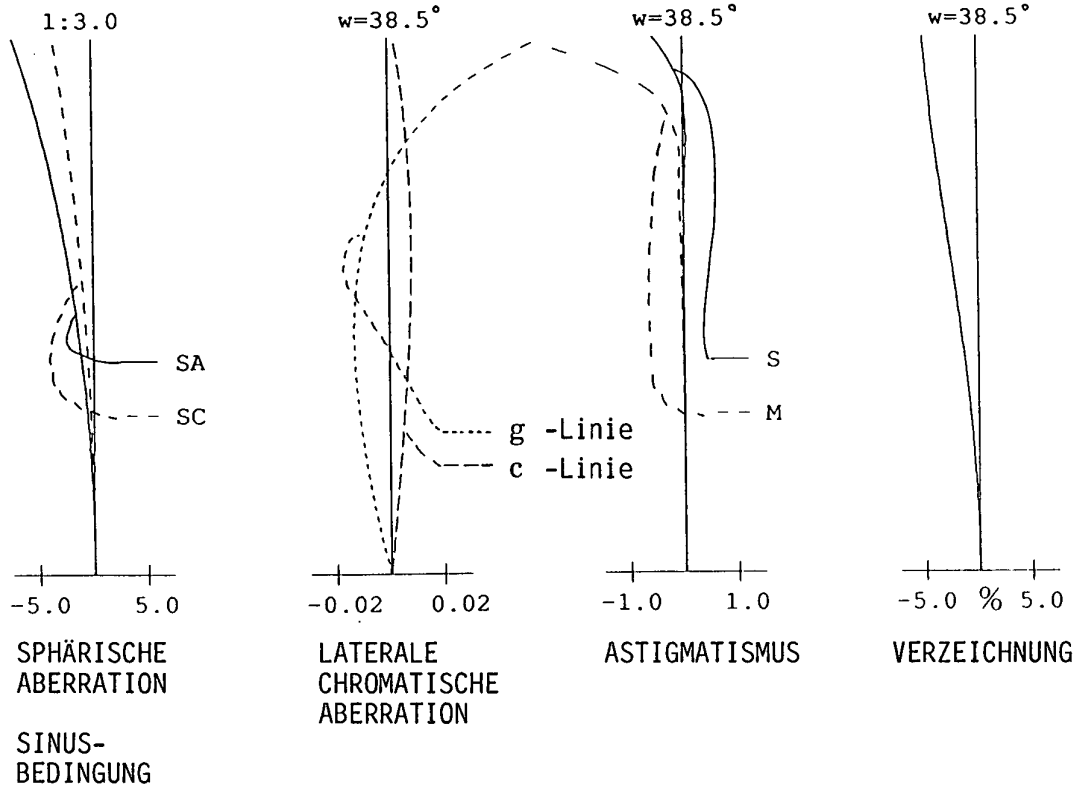
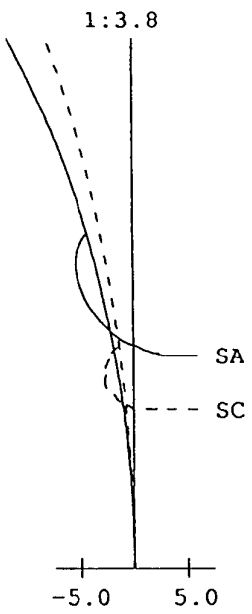


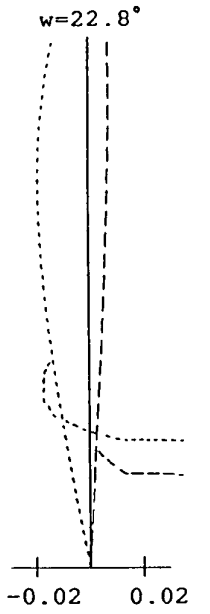
Fig.11A



SPHÄRISCHE ABERRATION

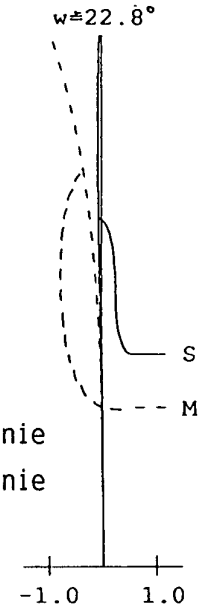
SINUS-BEDINGUNG

Fig.11B



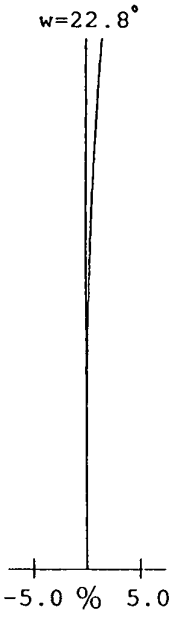
LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION

Fig.11C



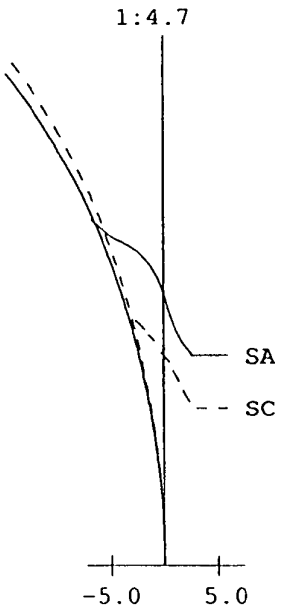
ASTIGMATISMUS

Fig.11D



VERZEICHNUNG

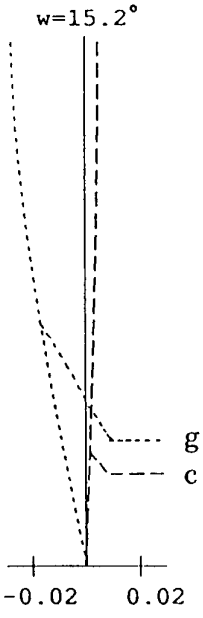
Fig.12A



SPHÄRISCHE ABERRATION

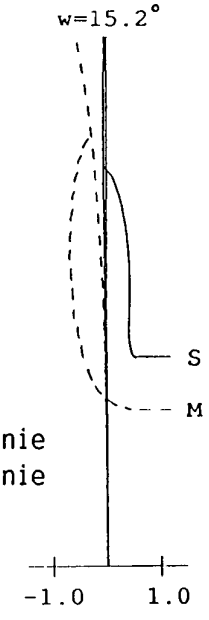
SINUS-BEDINGUNG

Fig.12B



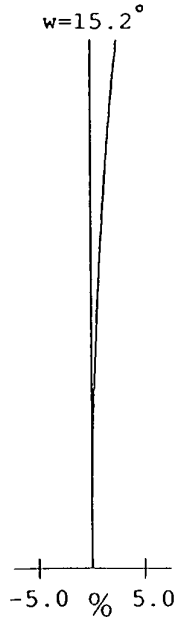
LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION

Fig.12C



ASTIGMATISMUS

Fig.12D



VERZEICHNUNG

Fig. 13

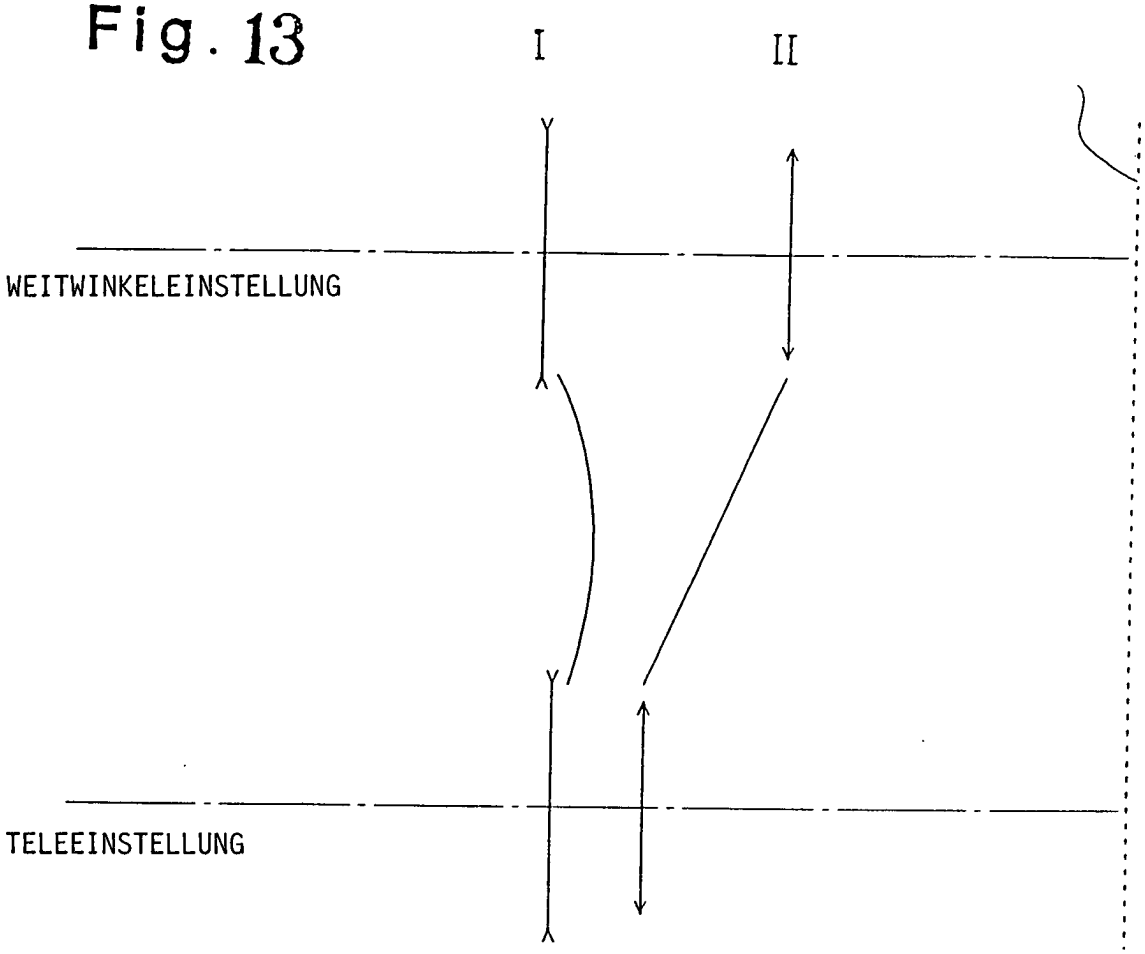


Fig. 14

