



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 51 764 B4 2005.01.13**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **196 51 764.8**
 (22) Anmeldetag: **12.12.1996**
 (43) Offenlegungstag: **19.06.1997**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **13.01.2005**

(51) Int Cl.7: **G02B 15/177**
G02B 13/06
// H04N 5/225

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

(30) Unionspriorität:
7-323392 12.12.1995 JP

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

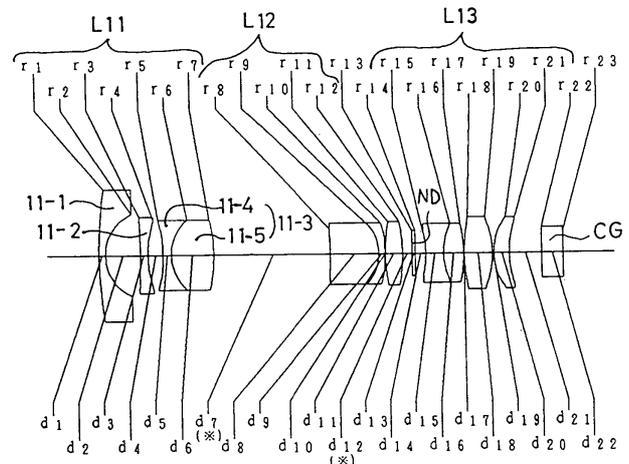
(74) Vertreter:
Schaumburg, Thoenes, Thurn, Landskron, 81679 München

(72) Erfinder:
Enomoto, Takashi, Tokio/Tokyo, JP; Ito, Takayuki, Tokio/Tokyo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 195 39 166 A1
US 48 44 599
J.Scheibel, Fisheye-Objektive und verwandte
Abbildungstechniken (I), Photo-Technik und
-Wirtschaft Nr. 4, 1973, S. 90-93;

(54) Bezeichnung: **Superweitwinkel-Varioobjektiv**

(57) Hauptanspruch: Superweitwinkel-Varioobjektiv mit mindestens zwei Linsengruppen, von denen eine erste Linsengruppe negative Brechkraft und eine zweite Linsengruppe positive Brechkraft hat und deren gegenseitiger Abstand zur Brennweitenänderung veränderbar ist, und einem durch eine rechteckige Apertur begrenzten Bildformat, dadurch gekennzeichnet, daß bei Einstellung kürzester Brennweite mindestens ein Teil eines Bildkreises, der die Umrandung einer von dem Objektiv erzeugten kreisförmigen Bildfläche bildet, innerhalb des rechteckigen Bildformats angeordnet ist und der halbe Bildwinkel bei einer von der optischen Achse aus in der Ebene des Bildformats gemessenen Bildhöhe von 1,8 mm mindestens $51,2^\circ$ beträgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Superweitwinkel-Varioobjektiv nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 für eine CCTV-Kamera oder eine Fotokamera. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Superweitwinkel-Varioobjektiv, bei dem der Bildwinkel im Weitwinkelbereich ungefähr gleich dem eines Fisheye-Objektivs ist.

[0002] Bisher gibt es kein Weitwinkel-Varioobjektiv für CCTV-Kameras, das für die Aufnahme im extremen Weitwinkelbereich geeignet ist. Von den bekannten Objektiven liefert das sogenannte "diagonale Fisheye-Objektiv" den maximalen Bildwinkel, wobei der Bildwinkel durch den Radius des von dem Objektiv erzeugten Bildkreises gegeben ist. Der Radius des Bildkreises ist ungefähr gleich der Diagonalen einer rechteckigen Apertur, die den Bildausschnitt (rechteckiges Bildformat) festlegt.

Stand der Technik

[0003] Aus der US 4 844 599 ist ein Superweitwinkel-Varioobjektiv nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt. Dieses Varioobjektiv enthält eine erste Linsengruppe mit negativer Brechkraft und eine zweite Linsengruppe mit positiver Brechkraft. Der Abstand dieser beiden Linsengruppen ist zur Brennweitenänderung veränderbar. Durch eine rechteckige Apertur ist ein Bildformat begrenzt. Bei einer Bildhöhe von 22,5 mm beträgt bei diesem Varioobjektiv der halbe Bindwinkel etwa 32°.

[0004] Ferner wird verwiesen auf J. Scheibel, "Fisheye-Objektive und verwandte Abbildungstechniken (I)", Photo-Technik und -Wirtschaft Nr. 4, 1973, S. 90 – 93. Daraus sind Fisheye-Objektive bekannt, bei denen in der kurzbrennweitigen Einstellung der Bildkreis innerhalb des rechteckigen Bildformats liegt. Die in der vorstehend genannten Druckschrift genannten Bildformate betragen 24 mm × 36 mm und 60 mm × 70 mm. Aus diesen Bildformaten ergeben sich diagonale Bildhöhen von 43,3 mm bzw. 92,2 mm.

Aufgabenstellung

[0005] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Superweitwinkel-Varioobjektiv anzugeben, das für die Aufnahme in einem extremen Weitwinkelbereich auf einem rechteckigen Bildformat oder für die Erzeugung besonderer Kompositionseffekte ausgebildet ist.

[0006] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch das Superweitwinkel-Varioobjektiv nach Anspruch 1. Vorteilhaftere Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0007] Das erfindungsgemäße Objektiv ist ein Superweitwinkel-Objektiv mit mindestens zwei Linsengruppen, von denen eine erste Linsengruppe negative Brechkraft, eine zweite Linsengruppe positive Brechkraft hat und deren gegenseitiger Abstand zur Brennweitenänderung veränderbar ist, mit einem durch eine rechteckige Apertur begrenzten rechteckigen Bildformat, wobei ein Teil des Bildkreises, der die Umrandung einer von dem Objektiv erzeugten kreisförmigen Bildfläche bildet, bei der Einstellung kürzester Brennweite innerhalb des rechteckigen Bildformats angeordnet ist. Bei der Einstellung längster Brennweite ist das Bildformat innerhalb der kreisförmigen Bildfläche angeordnet.

[0008] Bei herkömmlichen Objektiven für Fotoapparate oder CCTV-Kameras ist das rechteckige Bildformat unabhängig von der Brennweite in der von dem Objektiv erzeugten kreisförmigen Bildfläche angeordnet. Das von dem Objektiv entworfene Bild füllt somit das Bildformat vollständig aus. Im Gegensatz dazu wird bei dem vorliegenden Superweitwinkel-Varioobjektiv die kürzeste Brennweite so angesetzt, daß zumindest ein Teil des Bildkreises, der die Umrandung der von dem Objektiv erzeugten kreisförmigen Bildfläche bildet, innerhalb des rechteckigen Bildformats enthalten ist. Der Bereich außerhalb des Bildkreises innerhalb des Bildformats bleibt somit unbelichtet. Es kann also von einer CCTV-Kamera ein Weitwinkelbereich innerhalb des Bildformats aufgezeichnet werden oder es können besondere Kompositionseffekte in einer Kamera erzeugt werden.

[0009] Vorzugsweise erfüllt das Objektiv folgende Beziehung (1):

$$0,1 < f_s/|f_{1G}| < 0,6 \quad (1)$$

worin f_s die Gesamtbrennweite des Objektivs bei der Einstellung kürzester Brennweite und f_{1G} die Brennweite der ersten Linsengruppe ist.

[0010] Das Superweitwinkel-Varioobjektiv kann weiterhin bildseitig von der zweiten Linsengruppe eine Blen-

de und eine positive dritte Linsengruppe enthalten, wobei zur Brennweitenänderung die erste und die zweite Linsengruppe bewegt werden, während die dritte Linsengruppe festgehalten wird. Das Objektiv erfüllt folgende Beziehung (2):

$$(2) \quad \frac{D_w}{|f_{1G}|} > 1,3$$

worin D_w der Abstand zwischen der ersten Linsengruppe und der zweiten Linsengruppe bei der Einstellung kürzester Brennweite ist.

[0011] Die negative erste Linsengruppe enthält vorzugsweise ein negatives erstes Linsenelement, ein negatives zweites Linsenelement und eine positive oder negative Linsenuntergruppe. Das Varioobjektiv erfüllt folgende Beziehung (3):

$$0,5 < f_{1-2}/f_1 < 0,9 \quad (3)$$

worin f_{1-2} die resultierende Brennweite (<0) des ersten und zweiten Linsenelements der ersten Linsengruppe und f_1 die Brennweite (<0) des ersten Linsenelements der ersten Linsengruppe ist.

[0012] Vorzugsweise besteht die dritte Linsenuntergruppe der ersten Linsengruppe aus einem negativen Linsenelement und einem positiven Linsenelement, die miteinander verkittet sind.

[0013] Vorzugsweise beträgt der halbe Bildwinkel bei der Einstellung kürzester Brennweite mindestens 60° bezogen auf die kürzere Seite des rechteckigen Bildformats. Der auf die kürzere Seite bezogene halbe Bildwinkel entspricht dem minimalen Abstand zwischen dem Mittelpunkt und der größeren Seite des rechteckigen Bildformats.

[0014] Der halbe Bildwinkel bei der Einstellung kürzester Brennweite beträgt mindestens 75° bezogen auf die längere Seite des rechteckigen Bildformats. Der halbe Bildwinkel bezogen auf die längere Seite entspricht dem minimalen Abstand zwischen dem Mittelpunkt und der kürzeren Seite des rechteckigen Bildformats. Das Verhältnis zwischen der vertikalen kürzeren Seite und der horizontalen längeren Seite beträgt beispielsweise etwa 2:3.

[0015] Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

[0016] **Fig. 1** eine schematische Darstellung der Linsenordnung eines Superweitwinkel-Varioobjektivs bei der Einstellung kürzester Brennweite in einer ersten Ausführungsform,

[0017] **Fig. 2A bis 2D** die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach **Fig. 1** bei der Einstellung kürzester Brennweite,

[0018] **Fig. 3A bis 3D** die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach **Fig. 1** bei der Einstellung mittlerer Brennweite,

[0019] **Fig. 4A bis 4D** die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach **Fig. 1** bei der Einstellung längster Brennweite

[0020] **Fig. 5** eine schematische Darstellung der Linsenordnung eines Superweitwinkel-Varioobjektivs bei der Einstellung kürzester Brennweite in einer zweiten Ausführungsform,

[0021] **Fig. 6A bis 6D** die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach **Fig. 5** bei der Einstellung kürzester Brennweite,

[0022] **Fig. 7A bis 7D** die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach **Fig. 5** bei der Einstellung mittlerer Brennweite,

[0023] **Fig. 8A bis 8D** die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach **Fig. 5** bei der Einstellung längster Brennweite,

[0024] **Fig. 9** eine schematische Darstellung der Linsenordnung eines Superweitwinkel-Varioobjektivs bei

der Einstellung kürzester Brennweite in einer dritten Ausführungsform,

[0025] Fig. 10A bis 10D die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach Fig. 9 bei der Einstellung kürzester Brennweite,

[0026] Fig. 11A bis 11D die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach Fig. 9 bei der Einstellung mittlerer Brennweite,

[0027] Fig. 12A bis 12D die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach Fig. 9 bei der Einstellung längster Brennweite,

[0028] Fig. 13 eine schematische Darstellung der Linsenordnung eines Superweitwinkel-Varioobjektivs bei der Einstellung kürzester Brennweite in einer vierten Ausführungsform,

[0029] Fig. 14A bis 14D die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach Fig. 13 bei der Einstellung kürzester Brennweite,

[0030] Fig. 15A bis 15D die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach Fig. 13 bei der Einstellung mittlerer Brennweite,

[0031] Fig. 16A bis 16D die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach Fig. 13 bei der Einstellung längster Brennweite,

[0032] Fig. 17 eine schematische Darstellung der Linsenordnung eines Superweitwinkel-Varioobjektivs bei der Einstellung kürzester Brennweite in einer fünften Ausführungsform,

[0033] Fig. 18A bis 18D die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach Fig. 17 bei der Einstellung kürzester Brennweite,

[0034] Fig. 19A bis 19D die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach Fig. 17 bei der Einstellung mittlerer Brennweite,

[0035] Fig. 20A bis 20D die Diagramme der Aberrationen des Varioobjektivs nach Fig. 17 bei der Einstellung längster Brennweite,

[0036] Fig. 21 eine schematische Darstellung der Bewegung von bewegbaren negativen und positiven Linsengruppen in dem Superweitwinkel-Varioobjektiv,

[0037] Fig. 22 eine schematische Darstellung der Bewegung der bewegbaren negativen und positiven Linsengruppen und einer feststehenden positiven Linsengruppe des Superweitwinkel-Varioobjektivs,

[0038] Fig. 23 eine schematische Darstellung eines Bildformats (ungefähr 2 (vertikal) : 3 (horizontal)) in einem Superweitwinkel-Varioobjektiv einer CCTV-Kamera oder einer Fotokamera, wobei sich der Feldwinkel zwischen der Einstellung kürzester und der Einstellung längster Brennweite ändert,

[0039] Fig. 24 eine schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem halben Feldwinkel W und der Bildgröße Y_a , Y_b und Y_c des rechteckigen Bildformats.

Ausführungsbeispiel

[0040] Fig. 23 zeigt das während der Brennweitenänderung variierende Größenverhältnis zwischen dem Bildformat (Bildfeld) und dem von dem Superweitwinkel-Objektiv erzeugten Bild. Die von dem Superweitwinkel-Varioobjektiv erzeugte Bildfläche $10W_1$ bis $10W_4$ ist wie bei herkömmlichen Fotoobjektiven kreisförmig. Ist das Bildformat 20 durch einen rechteckigen Rahmen begrenzt, beispielsweise durch einen herkömmlichen rechteckigen Rahmen mit einem Seitenverhältnis von 2 (vertikal) : 3 (horizontal), so befindet sich bei der Einstellung kürzester Brennweite zumindest ein Teil des die kreisförmige Bildfläche $10W$ umrandenden Bildkreises innerhalb des rechteckigen Bildformats 20 . Bei der längsten Brennweite ist das Bildformat 20 in der kreisförmigen Bildfläche enthalten.

[0041] In der in der Fig. 23 dargestellten Ausführungsform ist die kreisförmige Bildfläche $10W_1$ bei der kür-

zesten Brennweite vollständig in dem Bildformat **20** enthalten, d.h. der Durchmesser der kreisförmigen Bildfläche $10W_1$ ist gleich der Länge der kürzeren Seite des rechteckigen Bildformats **20**. Im folgenden wird dies als "Fisheye-Objektiv der kürzeren Seite" bezeichnet. Mit ansteigender Brennweite ändert sich der Durchmesser der Bildfläche ($10W_1 \rightarrow 10W_2 \rightarrow 10W_3 \rightarrow 10W_3$). Die kreisförmige Bildfläche $10W_2$, deren Durchmesser im wesentlichen gleich der Länge der größeren Seite des rechteckigen Bildformats **20** ist, wird im folgenden als "Fisheye-Objektiv der längeren Seite" bezeichnet. Die Bildfläche $10W_3$, deren Durchmesser im wesentlichen gleich der Diagonale des rechteckigen Bildformats **20** ist, wird im folgenden als "diagonales Fisheye-Objektiv" bezeichnet. So wird der Aufnahmebereich oder die Bildkomposition verändert.

[0042] Fig. 24 zeigt den Zusammenhang zwischen halbem Bildwinkel (Feldwinkel) und einer Bildgröße bei einem rechteckigen Bildformat. Ein auf die erste Linsengruppe bei einem halben Bildwinkel W auffallender Hauptstrahl erzeugt an dem Punkt Y ein Bild mit der Bildgröße Y_a , Y_b und Y_c .

[0043] Bei einem Objektiv für eine herkömmliche Kamera ist der halbe Bildwinkel ausgehend von der Mitte des Rechtecks durch den maximalen halben Winkel in Richtung der Diagonale Y_c gegeben. Andererseits sind gemäß der vorliegenden Erfindung der "halbe Bildwinkel an der kürzeren Seite" und der "halbe Bildwinkel an der längeren Seite" durch den halben Bildwinkel in Richtung der Linien Y_a und Y_b gegeben, die von der Mitte des Rechtecks ausgehend parallel zur kürzeren Seite bzw. zur längeren Seite des Rechtecks verlaufen.

[0044] Die Fig. 21 und 22 zeigen die Veränderung der Anordnung der Linsengruppen des Superweitwinkel-Varioobjektivs während der Brennweitenänderung. Das Varioobjektiv in Fig. 21 besteht lediglich aus zwei Linsengruppen, einer ersten Linsengruppe L11 mit negativer Brechkraft, einer Blende S und einer zweiten Linsengruppe L12 mit positiver Brechkraft. Das Varioobjektiv in Fig. 22 besteht aus einer ersten Linsengruppe L11 mit negativer Brechkraft, einer zweiten Linsengruppe L12 mit positiver Brechkraft, einer Blende S und einer dritten Linsengruppe L13 mit positiver Brechkraft. Die Brennweitenänderung erfolgt bei der in Fig. 21 dargestellten Ausführungsform durch Bewegen der ersten und der zweiten Linsengruppe L11, L12 und bei der in Fig. 22 dargestellten Ausführungsform durch Bewegen der ersten und der zweiten Linsengruppe L11, L12, wobei die Linsengruppe L13 nicht bewegt wird. Bei den Ausführungsformen in Fig. 21 und 22 wird die erste Linsengruppe L11 während der Brennweitenänderung entlang der optischen Achse bewegt. Bei der in Fig. 21 dargestellten Ausführungsform bildet die Blende S mit der zweiten Linsengruppe L12 eine Einheit und bei der in Fig. 22 dargestellten Ausführungsform bildet sie mit der dritten Linsengruppe L13 eine Einheit. Die Blende S kann in Fig. 21 in der zweiten Linsengruppe L12 und in Fig. 22 in der dritten Linsengruppe L13 angeordnet sein.

[0045] Das Superweitwinkel-Varioobjektiv hat in den oben dargestellten Ausführungsformen bei der Einstellung kürzester Brennweite einen halben Bildwinkel von mindestens 60° an der kürzeren Seite des rechteckigen Bildformats oder von mindestens 75° an der längeren Seite.

[0046] Um einen halben Bildwinkel dieser Größe zu erhalten, muß Bedingung (1) erfüllt sein. Falls das in Bedingung (1) angegebene Verhältnis kleiner als die untere Grenze ist, ist es unmöglich, einen derart großen halben Bildwinkel, wie er oben angegeben ist, zu erhalten. Falls das Verhältnis größer als die in Bedingung (1) angegebene obere Grenze ist, so ist es schwierig, die von der ersten Linsengruppe erzeugten Aberrationen auszugleichen.

[0047] Um bei dem in Fig. 22 dargestellten Varioobjektiv, das aus einer negativen ersten Linsengruppe L11, einer positiven zweiten Linsengruppe L12, einer Blende S und einer fest angeordneten positiven dritten Linsengruppe L13 besteht, einen bei der Einstellung kürzester Brennweite halben Bildwinkel von mehr als 60° an der kürzeren Seite des Rechtecks oder von mehr als 75° an der längeren Seite zu erhalten, muß Bedingung (2) erfüllt sein. Falls das in Bedingung (2) angegebene Verhältnis kleiner als die untere Grenze ist, so ist es unmöglich, einen wie oben angegebenen halben Bildwinkel zu erhalten.

[0048] Beziehung (3) bezieht sich auf die Brennweite der negativen ersten Linsengruppe. Die erste Linsengruppe besteht vorzugsweise aus einem negativen ersten Linsenelement, einem negativen zweiten Linsenelement und einer positiven oder negativen Linsenuntergruppe. Falls das in der Bedingung (3) angegebene Verhältnis größer als die obere Grenze ist, so ist in dieser Anordnung die Krümmung des negativen ersten Linsenelements zu klein, so daß die Herstellung eines solchen negativen ersten Linsenelements Schwierigkeiten bereitet. Falls das Verhältnis kleiner als die in der Bedingung (3) angegebene untere Grenze ist, so ist es andererseits unmöglich, einen halben Bildwinkel von mindestens 60° an der kürzeren Seite des rechteckigen Bildformats **20** oder einen halben Bildwinkel von mehr als 75° an der größeren Seite zu erhalten.

[0049] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit numerischen Angaben werden weiter unten diskutiert. In den ersten vier Ausführungsformen besteht das Varioobjektiv aus drei Linsengruppen (**Fig. 22**). In der fünften Ausführungsform besteht das Varioobjektiv, wie in **Fig. 21** dargestellt, aus zwei Linsengruppen. In den ersten drei Ausführungsformen und in der fünften Ausführungsform besteht die erste Linsengruppe L11 aus einem negativen ersten Linsenelement **11-1**, einem negativen zweiten Linsenelement **11-2** und einer dritten verkitteten Unterlinsengruppe **11-3**. Die verkittete Linsengruppe **11-3** schließt ein negatives Linsenelement **11-4** und ein daran gekittetes positives Linsenelement **11-5** ein.

[0050] In der vierten Ausführungsform besteht die erste Linsengruppe **11-4** aus einem negativen ersten Linsenelement **11-1** und einer zweiten verkitteten Unterlinsengruppe **11-6**. Die verkittete Linsengruppe **11-6** besteht aus einem negativen objektseitigen Linsenelement **11-7** und einem mit diesem verkitteten positiven bildseitigen Linsenelement **11-8**. Alle diese Ausführungsformen sind mit einem Abschwächungsfilter ND und einer Glasabdeckung CG ausgestattet. Das Abschwächungsfilter ND kann wahlweise in den Lichtweg eingebracht werden. Ist das Abschwächungsfilter ND eingesetzt, so wird die Lichtmenge auf etwa ein Drittel oder ein Viertel der ursprünglichen Lichtmenge verringert, wodurch der wirksame Blendenbereich erhöht wird. Die Glasabdeckung CG ist vor einer Bildaufnahmeplatte einer Bildaufnahmevorrichtung angeordnet, die nicht dargestellt ist. Die bildseitige Fläche der Glasabdeckung CG bildet die bilderzeugende Fläche. Für eine Kamera, die einen Silberhalogenid-Film verwendet, ist keine Glasabdeckung CG vorgesehen.

[0051] In Diagrammen der Aberrationen sind SA die sphärische Aberration, SC die Sinusbedingung, d-Linie, g-Linie und C-Linie die chromatischen Aberrationen, dargestellt durch die sphärischen Aberrationen bei der jeweiligen Wellenlänge, S die Sagittalstrahlen und M die Meridionalstrahlen.

[0052] In den folgenden Tabellen und Zeichnungen ist F_{NO} die F-Zahl, F die Brennweite, Y die Bildgröße, W der halbe Bildwinkel, Ya die Bildgröße in der rechteckigen Bildebene in Richtung der kürzeren Seite, Wa der zu der Bildgröße Ya gehörende halbe Bildwinkel, Yb die Bildgröße in der rechteckigen Bildebene in Richtung der längeren Seite, Wb der zu der Bildgröße Yb gehörende halbe Bildwinkel, Yc der Bildgröße in der rechteckigen Bildebene in Richtung der Diagonalen, Wc der zu der Bildgröße Yc gehörende halbe Bildwinkel, f_b die hintere Bildweite, R der Krümmungsradius, D die Linsendicke oder der Abstand zwischen den Linsen, n_d der Brechungsindex bei der d-Linie und v_d die Abbe-Zahl bei der d-Linie. In den Zeichnungen sind Abstände, die sich während der Brennweitenänderung ändern, mit einem Stern gekennzeichnet.

Ausführungsbeispiel 1

[0053] **Fig. 1** bis **4** zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung. **Fig. 1** zeigt eine Linsenanordnung bei der Einstellung kürzester Brennweite. **Fig. 2A** bis **2D**, **3A** bis **3D** und **4A** bis **4D** zeigen Diagramme der Aberrationen bei der Einstellung kürzester Brennweite, mittlerer Brennweite und längster Brennweite. Die numerischen Daten des in **Fig. 1** dargestellten Objektivs sind in Tabelle 1 aufgeführt.

[0054] In diesem Ausführungsbeispiel ist das Bildformat durch ein 1/3"-CCD-Lichtempfänger gegeben (Die längere Seite beträgt 4,8 mm, die kürzere Seite ungefähr 3,6 mm, die Diagonale ungefähr 6,0 mm). Die halbe Bildgröße Ya in der rechteckigen Bildebene in Richtung der kürzeren Seite beträgt 1,8 mm und die halbe Bildgröße Yb in Richtung der längeren Seite beträgt 2,4 mm.

Tabelle 1

$$f_B = D_2 \cdot 1 + D_2 \cdot 2 / N_2 \cdot 2 = 7,70 \text{ (reduzierter Abstand)}$$

Fläche Nr.	R	D	N _d	v _d
1	72,478	1,00	1,77250	49,6
2	7,668	5,63	-	-
3	-137,710	1,26	1,60000	60,7
4	18,664	2,47	-	-
5	-20,127	1,33	1,79348	50,6
6	8,000	6,78	1,75440	27,0
7	-27,233	19,13-8,94- 4,19	-	-
8	-53,602	8,00	1,70000	37,1
9	-7,267	1,03	1,85000	25,2
10	-18,891	0,10	-	-
11	33,189	2,73	1,77250	49,6
12	-27,409	1,64-5,09- 8,20	-	-
13	∞	0,50	1,51633	64,1
14	∞	1,70	-	-
15	-14,541	2,90	1,85000	31,2
16	11,097	3,30	1,51032	60,5
17	-22,765	0,10	-	-
18	26,979	4,59	1,69680	55,5
19	-15,548	0,26	-	-
20	10,011	2,50	1,77250	49,6
21	17,679	5,36	-	-
22	∞	3,50	1,49782	66,8
23	∞	-	-	-

Ausführungsbeispiel 2

[0055] Fig. 5 bis 8 zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel des Superweitwinkel-Varioobjektivs. Fig. 5 zeigt eine Linsenordnung bei der Einstellung kürzester Brennweite. Fig. 6A bis 6D, 7A bis 7D und 8A bis 8D zeigen die Diagramme der Aberrationen bei der Einstellung kürzester Brennweite, mittlerer Brennweite und längster Brennweite. Die numerischen Daten des in Fig. 5 dargestellten Objektivs sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2

$$f_B = D_{21} + D_{22} / N_{22} = 7,92 \quad (\text{reduzierter Abstand})$$

Fläche Nr.	R	D	N _d	ν _d
1	75,664	1,00	1,77250	49,6
2	8,053	5,71	-	-
3	-312,625	1,73	1,60311	60,7
4	28,045	2,91	-	-
5	-15,775	1,93	1,80400	46,6
6	8,704	7,06	1,72151	29,2
7	-21,013	18,97-8,68-3,54	-	-
8	-28,537	7,60	1,70154	41,2
9	-10,346	1,20	1,84666	23,8
10	-17,703	0,10	-	-
11	23,358	2,51	1,77250	49,6
12	-100,531	1,62-5,50-9,16	-	-
13	∞	0,50	1,51633	64,1
14	∞	1,70	-	-
15	-16,417	2,70	1,84666	23,8
16	9,452	3,80	1,64769	33,8
17	-42,359	0,10	-	-
18	27,924	4,72	1,69680	55,5
19	-18,319	0,10	-	-
20	11,093	3,01	1,77250	49,6
21	27,640	5,58	-	-
22	∞	3,50	1,49782	66,8
23	∞	-	-	-

Ausführungsbeispiel 3

[0056] Fig. 9 bis 12 zeigen ein drittes Ausführungsbeispiel des Superweitwinkel-Varioobjektivs. Fig. 9 zeigt eine Linsenordnung bei der Einstellung kürzester Brennweite. Fig. 10A bis 10D, 11A bis 11D und 12A bis 12D zeigen die Diagramme der Aberrationen bei der Einstellung kürzester Brennweite, mittlerer Brennweite und längster Brennweite. Die numerischen Daten des in Fig. 9 dargestellten Objektivs sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3

 $f_b = D_{2,1} + D_{2,2} / N_{2,2} = 8,08$ (reduzierter Abstand)

Fläche Nr.	R	D	N _a	ν _a
1	85,212	1,00	1,77250	49,6
2	8,102	5,71	-	-
3	-172,558	1,73	1,60311	60,7
4	32,182	2,91	-	-
5	-15,229	1,93	1,80400	46,6
6	8,356	7,06	1,74077	27,8
7	-21,591	20,34-8,97-2,72	-	-
8	-28,110	7,60	1,70154	41,2
9	-9,615	1,21	1,84666	23,8
10	-17,296	0,10	-	-
11	23,921	2,51	1,77250	49,6
12	-92,900	1,46-5,52-10,13	-	-
13	∞	0,50	1,51633	64,1
14	∞	2,00	-	-
15	-15,249	2,70	1,84666	23,8
16	9,847	3,80	1,64769	33,8
17	-39,081	0,10	-	-
18	27,821	4,72	1,69680	55,5
19	-19,160	0,10	-	-
20	11,901	3,01	1,77250	49,6
21	40,546	5,74	-	-
22	∞	3,50	1,49782	66,8
23	∞	-	-	-

Ausführungsbeispiel 4

[0057] Fig. 13 bis 16 zeigen ein viertes Ausführungsbeispiel des Superweitwinkel-Varioobjektivs. Fig. 13 zeigt eine Linsenordnung bei der Einstellung kürzester Brennweite. Fig. 14A bis 14D, 15A bis 15D und 16A bis 16D zeigen Diagramme der Aberrationen bei der Einstellung kürzester Brennweite, mittlerer Brennweite und längster Brennweite. Die numerischen Daten des in Fig. 13 dargestellten Objektivs sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4

$$f_s = D_{1,0} + D_{2,0} / N_{2,0} = 7,70 \quad (\text{reduzierter Abstand})$$

Fläche Nr.	R	D	N_d	ν_d
1	98,123	1,00	1,77250	49,6
2	8,995	10,35	-	-
3	-12,239	1,93	1,80400	46,6
4	9,073	7,06	1,74077	27,8
5	-22,851	18,97-11,94-6,34	-	-
6	-34,240	7,60	1,70154	41,2
7	-9,969	1,21	1,84666	23,8
8	-17,364	0,10	-	-
9	21,921	2,51	1,77250	49,6
10	-374,823	1,90-4,22-7,22	-	-
11	∞	0,50	1,51633	64,1
12	∞	1,90	-	-
13	-15,278	2,70	1,84666	23,8
14	10,546	3,80	1,64769	33,8
15	-47,414	0,10	-	-

16	24,119	4,72	1,69680	55,5
17	-18,574	0,10	-	-
18	10,045	3,01	1,77250	49,6
19	19,703	5,36	-	-
20	∞	3,50	1,49782	66,8
21	∞	-	-	-

Ausführungsbeispiel 5

[0058] Fig. 17 bis 20 zeigen ein fünftes Ausführungsbeispiel des Superweitwinkel-Varioobjektivs. Fig. 17 zeigt eine Linsenordnung bei der Einstellung kürzester Brennweite. Fig. 18A bis 18D, 19A bis 19D und 20A bis 20D zeigen Diagramme der Aberrationen bei der Einstellung kürzester Brennweite, mittlerer Brennweite und längster Brennweite. Die numerischen Daten des in Fig. 17 dargestellten Objektivs sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5

$$f_B = D_{2,1} + D_{2,2} / N_{2,2} = 4,90 - 5,57 - 6,37 \quad (\text{reduzierter Abstand})$$

Fläche Nr.	R	D	N_d	ν_d
1	85,090	1,01	1,77250	49,6
2	10,294	5,70	-	-
3	-61,646	1,73	1,60311	60,7
4	38,745	2,91	-	-
5	-12,183	1,93	1,80400	46,6
6	8,855	7,06	1,74077	27,8
7	-19,820	18,97-11,19-4,70	-	-
8	292,729	7,60	1,70154	41,2

9	-10,773	1,20	1,84666	23,8
10	-20,276	0,10	-	-
11	14,884	2,51	1,77250	49,6
12	174,157	1,90	-	-
13	∞	0,50	1,51633	64,1
14	∞	1,90	-	-
15	-19,479	2,70	1,84666	23,8
16	7,755	3,80	1,64769	33,8
17	-41,543	0,10	-	-
18	54,109	4,72	1,69680	55,5
19	-17,172	0,10	-	-
20	12,827	3,01	1,77250	49,6
21	65,826	2,56-3,23-4,03	-	-
22	∞	3,50	1,49782	66,8
23	∞	-	-	-

[0059] Die numerischen Werte von F, F_{NO}, W, Y, Wa, Wb, Wc sind für die jeweiligen Ausführungsbeispiele in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6

Ausführungsbeispiel 1

F	1,61	2,40	3,11
F_{No}	1,4	1,4	1,5
W	90,0°	90,0°	79,4°
Y	1,88	2,82	3,50
Wa(Ya=1,8)	80,0°	45,8°	34,3°
Wb(Yb=2,4)	—	65,8°	47,2°
Wc(Yc=3,0)	—	—	62,3°

Ausführungsbeispiel 2

F	1,65	2,40	3,11
F_{No}	1,4	1,4	1,4
W	90,0°	90,0°	86,6°
Y	1,87	2,75	3,50
Wa(Ya=1,8)	80,0°	46,3°	34,5°
Wb(Yb=2,4)	—	67,5°	47,8°
Wc(Yc=3,0)	—	—	63,9°

Ausführungsbeispiel 3

F	1,60	2,40	3,30
F_{No}	1,4	1,4	1,4
W	90,0°	90,0°	75,2°
Y	1,80	2,71	3,50
Wa(Ya=1,8)	90,0°	46,5°	62,4°
Wb(Yb=2,4)	—	68,4°	44,8°
Wc(Yc=3,0)	—	—	59,1°

Ausführungsbeispiel 4

F	1,92	2,44	3,11
F_{No}	1,5	1,5	1,4
W	90,0°	90,0°	89,0°
Y	1,98	2,52	3,20
$W_a(Y_a=1,8)$	69,0°	47,7°	35,5°
$W_b(Y_b=2,4)$	—	76,0°	50,8°
$W_c(Y_c=3,0)$	—	—	73,1°

Ausführungsbeispiel 5

F	2,22	2,63	3,11
F_{No}	1.4	1.4	1.4
W	90,0°	90,0°	82,1°
Y	2,47	2,94	3,40
$W_a(Y_a=1,8)$	51,2°	41,7°	34,5°
$W_b(Y_b=2,4)$	81,7°	59,6°	47,9°
$W_c(Y_c=3,0)$	—	—	64,9°

[0060] In Tabelle 6 ist der größte Wert von W mit 90° angesetzt, und der größte Wert von Y ist gleich der diagonalen Bildgröße plus 0,5. Die vorliegende Erfindung kann jedoch auch angewendet werden, wenn W und Y größer als die jeweiligen Maximalwerte sind.

[0061] Tabelle 7 zeigt die numerischen Werte der Beziehungen (1) bis (3) für die oben dargestellten fünf Ausführungsbeispiele.

Tabelle 7

	Ausführungsbeispiel 1	Ausführungsbeispiel 2	Ausführungsbeispiel 3
Beziehung (1)	0,242	0,218	0,211
Beziehung (2)	2,869	2,514	2,671
Beziehung (3)	0,610	0,699	0,711
	Ausführungsbeispiel 4	Ausführungsbeispiel 5	
Beziehung (1)	0,225	0,271	
Beziehung (2)	2,221	2,316	
Beziehung (3)	-	0,645	

[0062] Wie aus Tabelle 7 ersichtlich, genügen die Ausführungsbeispiele 1 bis 5 den in den Beziehungen (1) und (2) festgelegten Anforderungen, und die Ausführungsbeispiele 1 bis 3 und das fünfte Ausführungsbeispiel genügen der Beziehung (3).

[0063] Da die kürzeste Brennweite des erfindungsgemäßen Objektivs so angesetzt ist, daß bei einem rechteckigen Bildformat zumindest ein Teil des die kreisförmige Bildfläche umrandenden Bildkreises in dem rechteckigen Bildformat enthalten ist, kann bei Betrieb einer CCTV-Kamera nicht nur eine weitwinklige Abdeckung der Bildebene erreicht werden, sondern es können zudem besondere Kompositionseffekte in Fotoobjektiven erzielt werden.

Patentansprüche

1. Superweitwinkel-Varioobjektiv mit mindestens zwei Linsengruppen, von denen eine erste Linsengruppe negative Brechkraft und eine zweite Linsengruppe positive Brechkraft hat und deren gegenseitiger Abstand zur Brennweitenänderung veränderbar ist, und einem durch eine rechteckige Apertur begrenzten Bildformat, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Einstellung kürzester Brennweite mindestens ein Teil eines Bildkreises, der die Umrandung einer von dem Objektiv erzeugten kreisförmigen Bildfläche bildet, innerhalb des rechteckigen Bildformats angeordnet ist und der halbe Bildwinkel bei einer von der optischen Achse aus in der Ebene des Bildformats gemessenen Bildhöhe von 1,8 mm mindestens 51,2° beträgt.

2. Superweitwinkel-Varioobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es folgende Beziehung (1) erfüllt:

$$(1) \quad 0,1 < \frac{f_s}{|f_{1G}|} < 0,6$$

worin f_s die Gesamtbrennweite des Objektivs bei der Einstellung kürzester Brennweite und f_{1G} die Brennweite der ersten Linsengruppe ist.

3. Superweitwinkel-Varioobjektiv nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bildseitig der zweiten Linsengruppe eine Blende und eine positive dritte Linsengruppe angeordnet sind, wobei zur Brennweitenänderung die erste und die zweite Linsengruppe bewegt werden und die dritte Linsengruppe festgehalten wird und folgende Beziehung (2) erfüllt ist:

$$(2) \quad \frac{D_w}{|f_{1G}|} > 1,3$$

worin D_w der Abstand zwischen der ersten Linsengruppe und der zweiten Linsengruppe bei der Einstellung kürzester Brennweite ist.

4. Superweitwinkel-Varioobjektiv nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die negative erste Linsengruppe aus einem negativen ersten Linsenelement, einem negativen zweiten Linsenelement und einer dritten Linsenuntergruppe besteht und folgende Beziehung (3) erfüllt ist:

$$(3) \quad 0,5 < \frac{f_{1-2}}{f_1} < 0,9$$

worin f_{1-2} die resultierende Brennweite (<0) des ersten und des zweiten Linsenelements der ersten Linsengruppe und f_1 die Brennweite (<0) des ersten Linsenelements der ersten Linsengruppe ist.

5. Superweitwinkel-Varioobjektiv nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Linsenuntergruppe der ersten Linsengruppe aus einem negativen Linsenelement und einem positiven Linsenelement besteht, die miteinander verkittet sind.

6. Superweitwinkel-Varioobjektiv nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Einstellung kürzester Brennweite der halbe Bildwinkel bezogen auf die kürzere Seite des rechteckigen Bildformats mindestens 60° beträgt.

7. Superweitwinkel-Varioobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Einstellung kürzester Brennweite der halbe Bildwinkel bezogen auf die längere Seite des rechteckigen Bildformats mindestens 75° beträgt.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

Fig.1

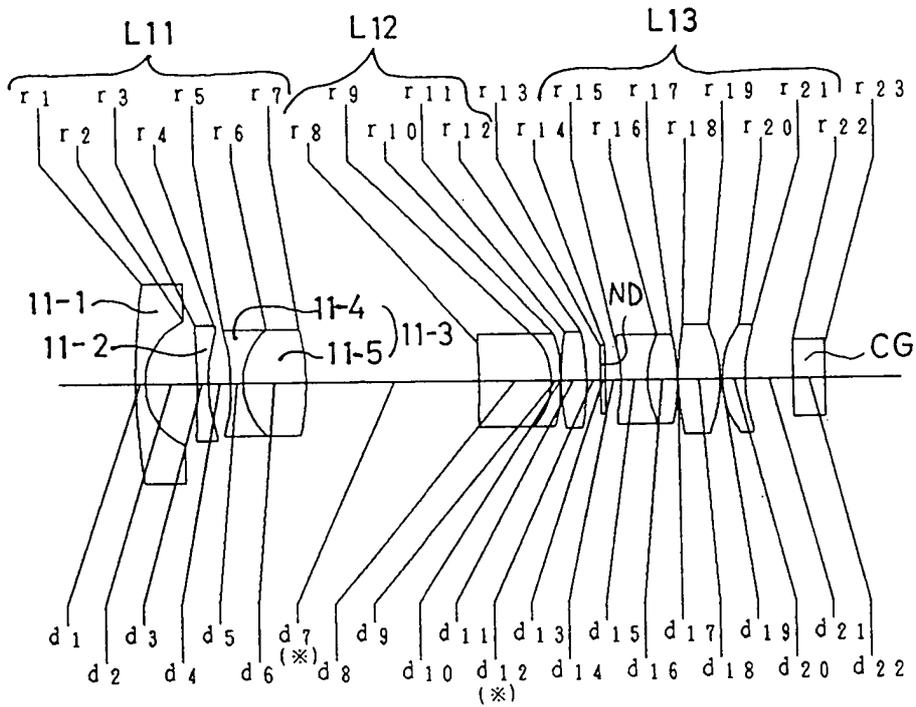
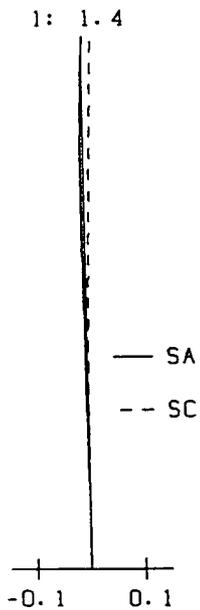


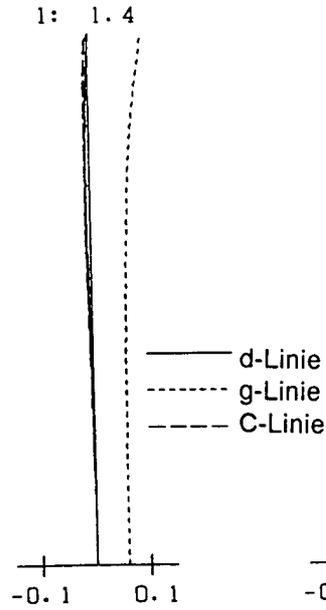
Fig.2A



Sphärische Aberration

Sinusbedingung

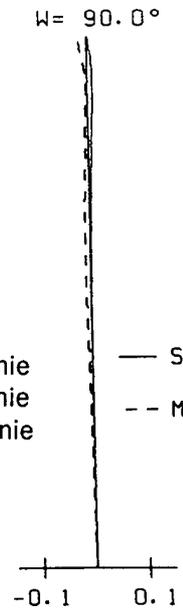
Fig.2B



Sphärische Aberration

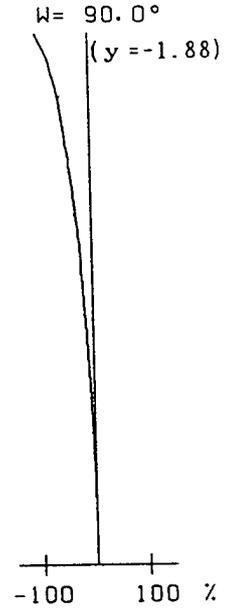
Chromatische Aberration

Fig.2c



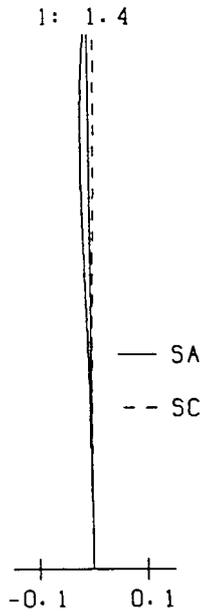
Astigmatismus

Fig.2D



Verzeichnung

Fig.3A



Sphärische Aberration

Sinusbedingung

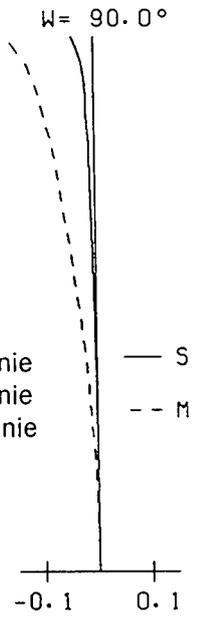
Fig.3B



Sphärische Aberration

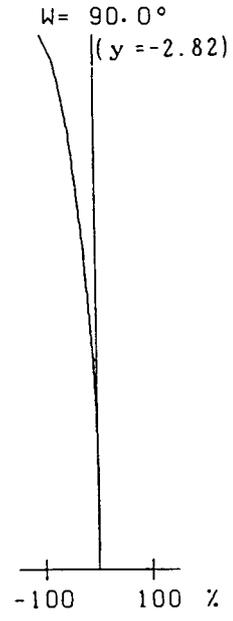
Chromatische Aberration

Fig.3C

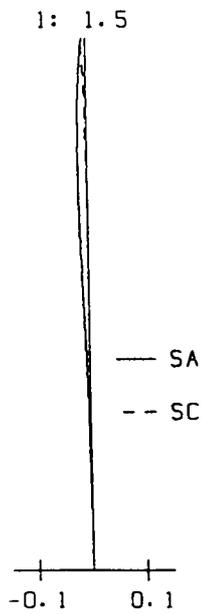


Astigmatismus

Fig.3D

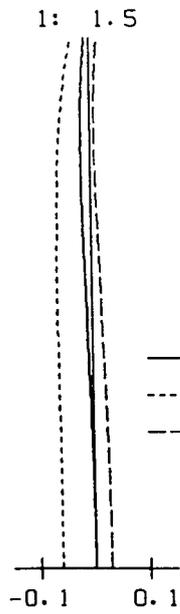


Verzeichnung

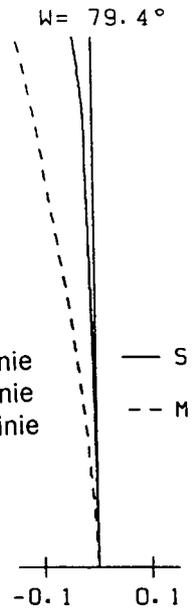


Sphärische Aberration

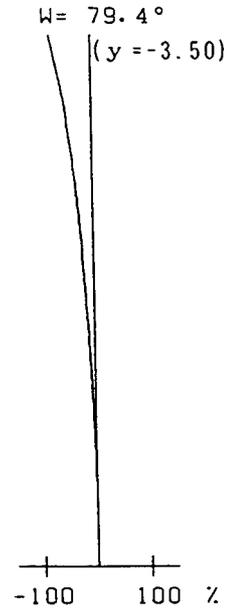
Sinusbedingung



Sphärische Aberration
Chromatische Aberration



Astigmatismus



Verzeichnung

Fig.4A

Fig.4B

Fig.4C

Fig.4D

Fig.5

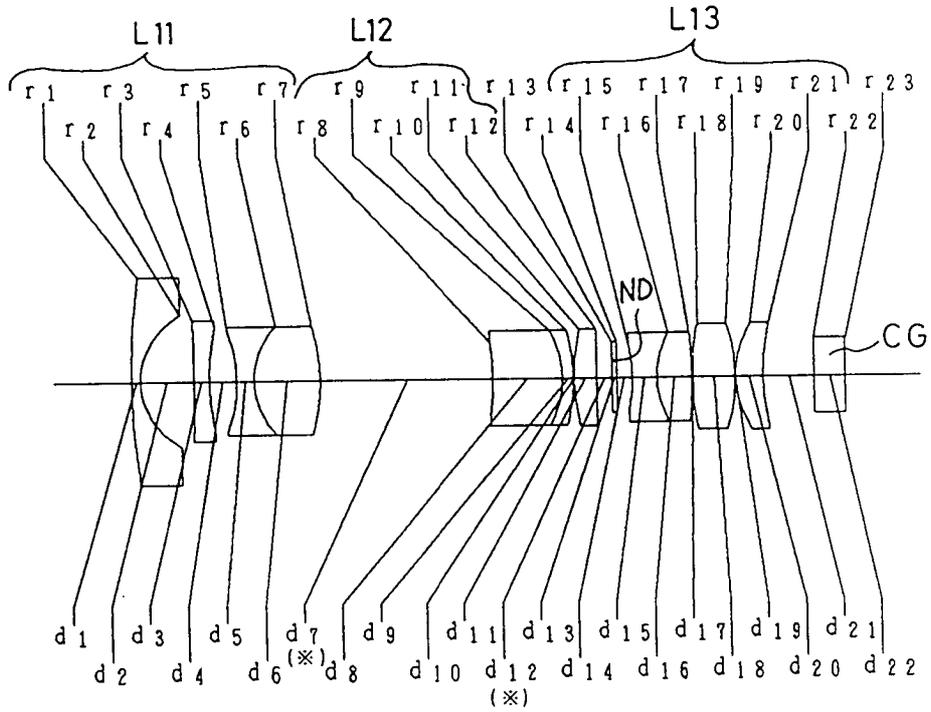
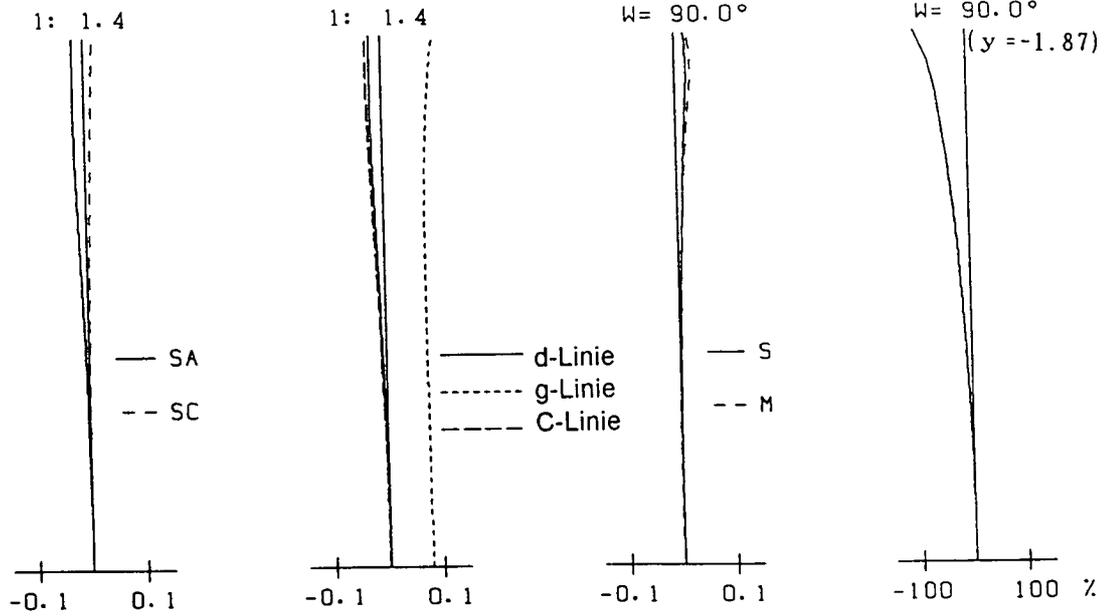


Fig.6A

Fig.6B

Fig.6C

Fig.6D



Sphärische
Aberration

Sinusbedingung

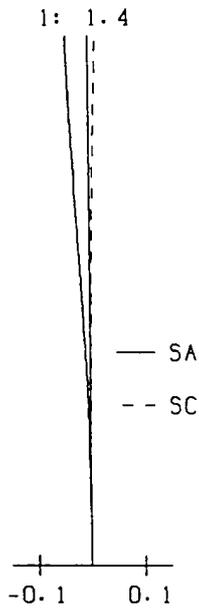
Sphärische
Aberration

Chromatische
Aberration

Astigmatismus

Verzeichnung

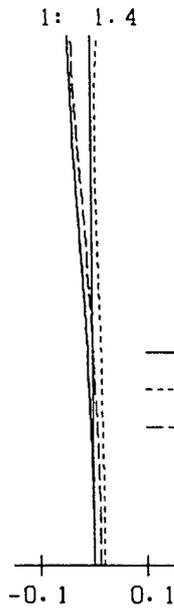
Fig.7A



Sphärische Aberration

Sinusbedingung

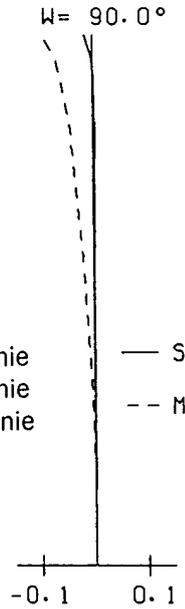
Fig.7B



Sphärische Aberration

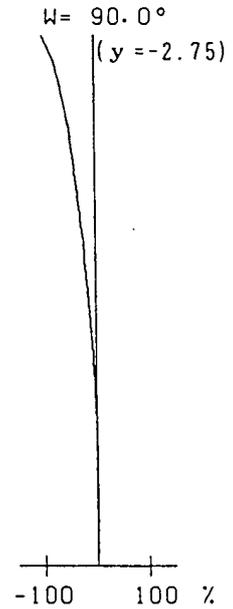
Chromatische Aberration

Fig.7C

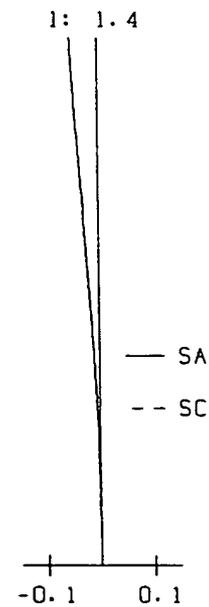


Astigmatismus

Fig.7D

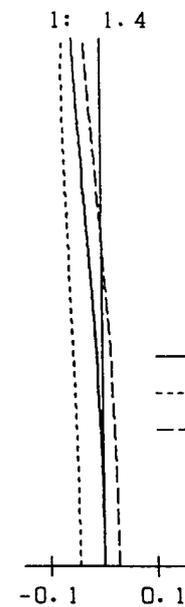


Verzeichnung



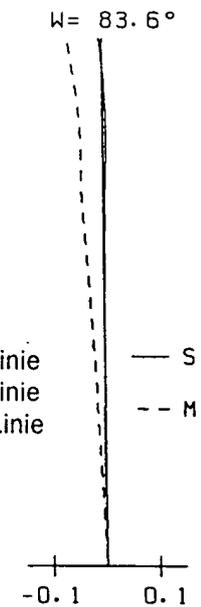
Sphärische Aberration

Sinusbedingung

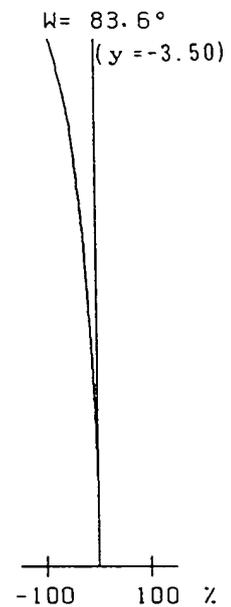


Sphärische Aberration

Chromatische Aberration



Astigmatismus



Verzeichnung

Fig.8A

Fig.8B

Fig.8C

Fig.8D

Fig.9

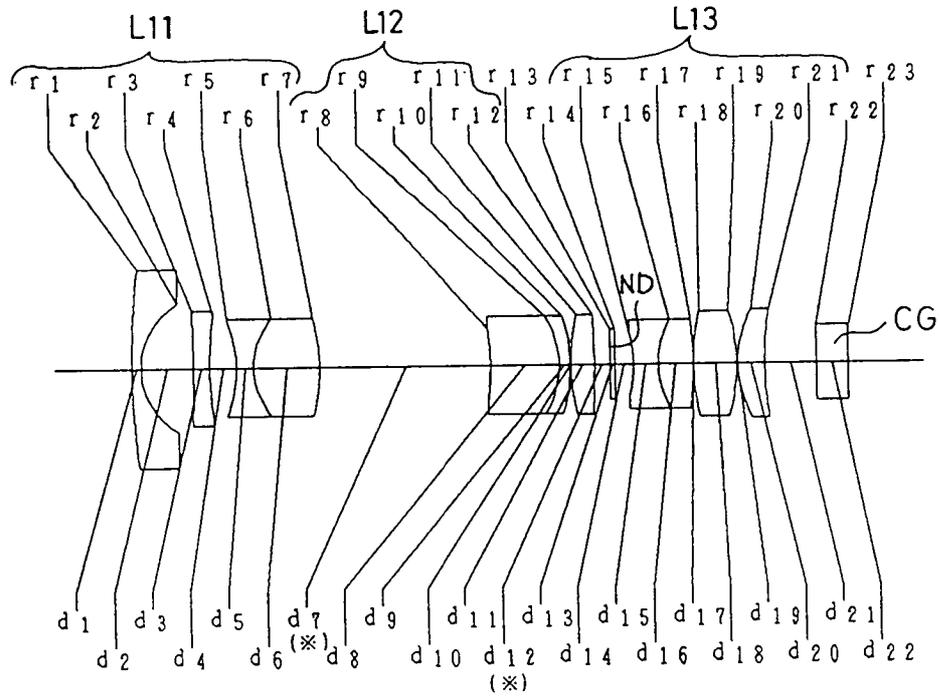


Fig.10A Fig.10B Fig.10c Fig.10D

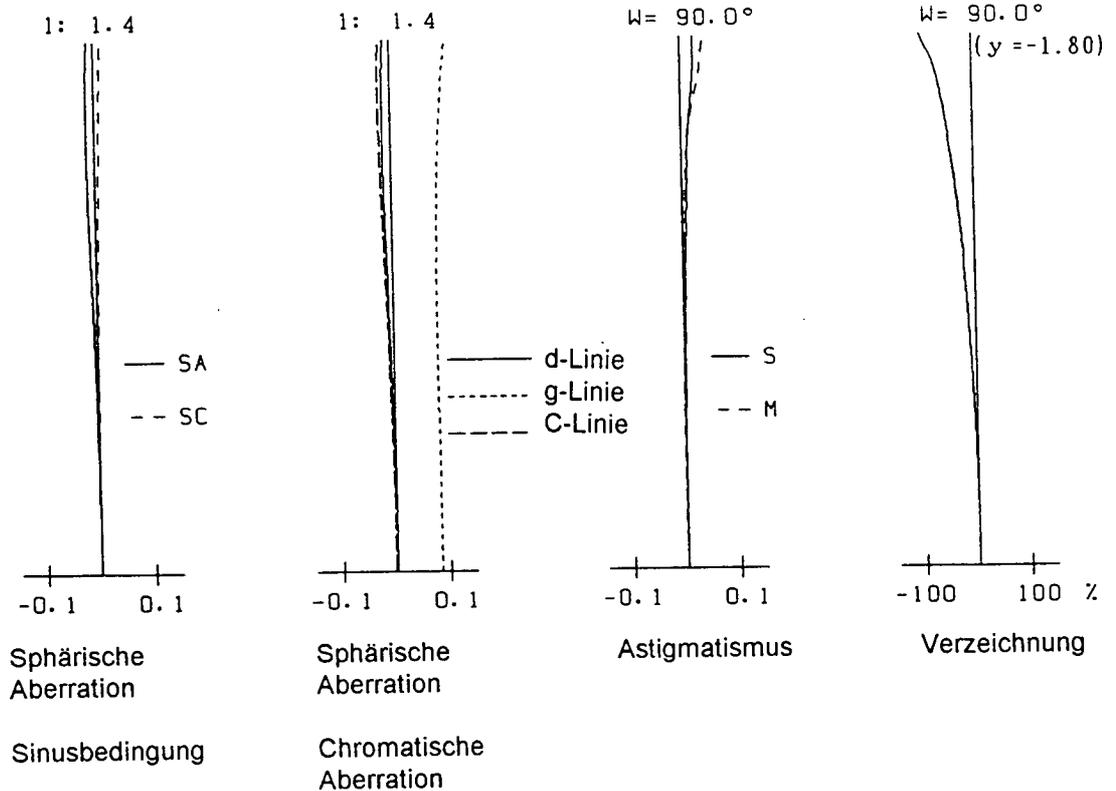
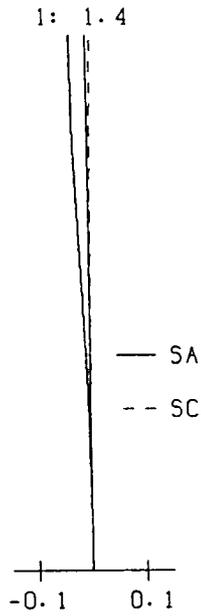


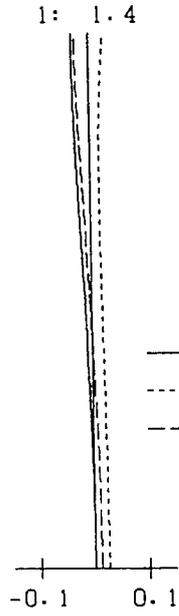
Fig.11A



Sphärische
Aberration

Sinusbedingung

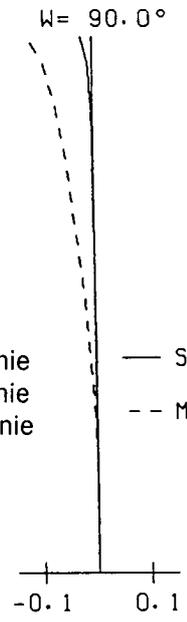
Fig.11B



Sphärische
Aberration

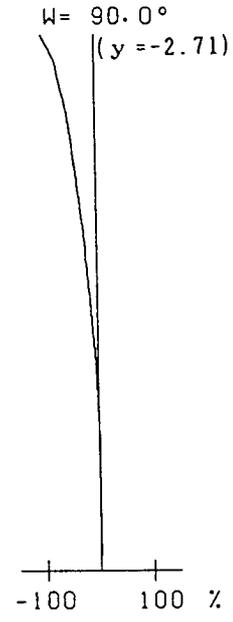
Chromatische
Aberration

Fig.11c

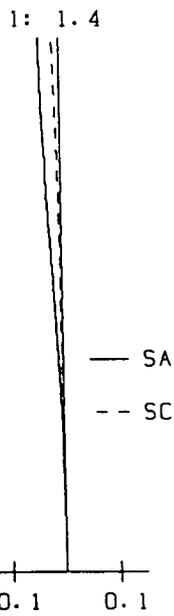


Astigmatismus

Fig.11D



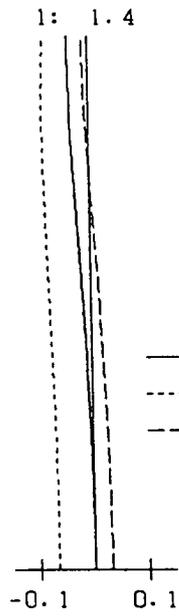
Verzeichnung



Sphärische
Aberration

Sinusbedingung

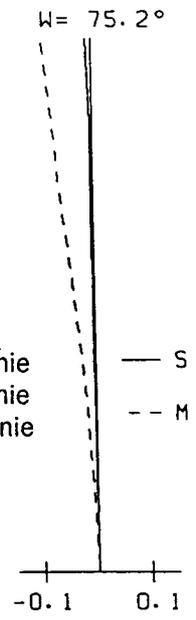
Fig.12A



Sphärische
Aberration

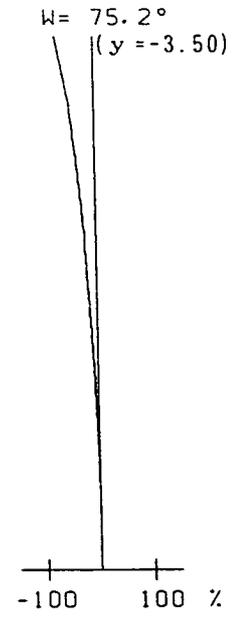
Chromatische
Aberration

Fig.12B



Astigmatismus

Fig.12c



Verzeichnung

Fig.12D

Fig.13

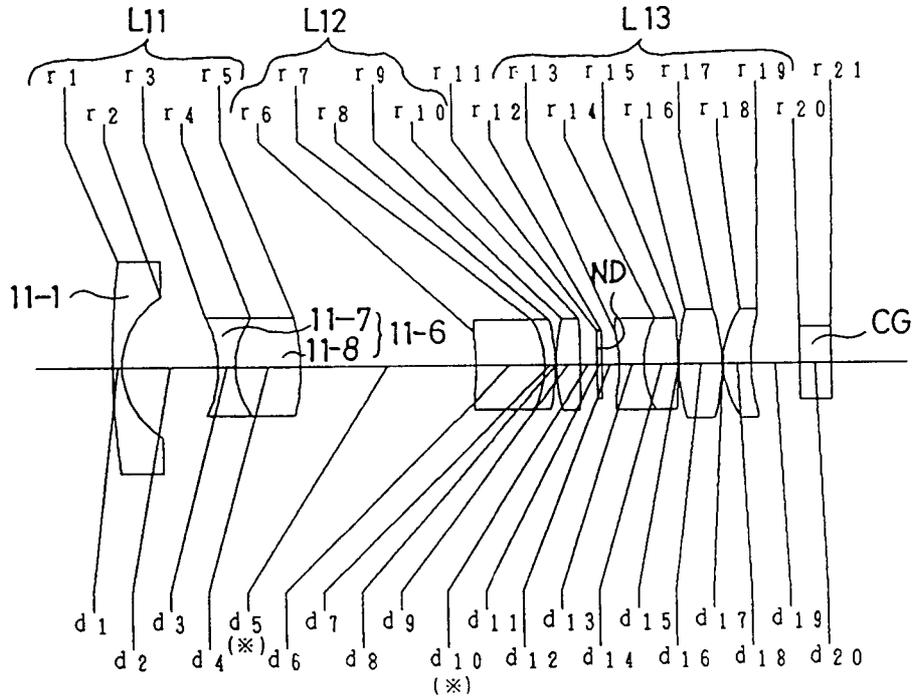


Fig.14A Fig.14B Fig.14C Fig.14D

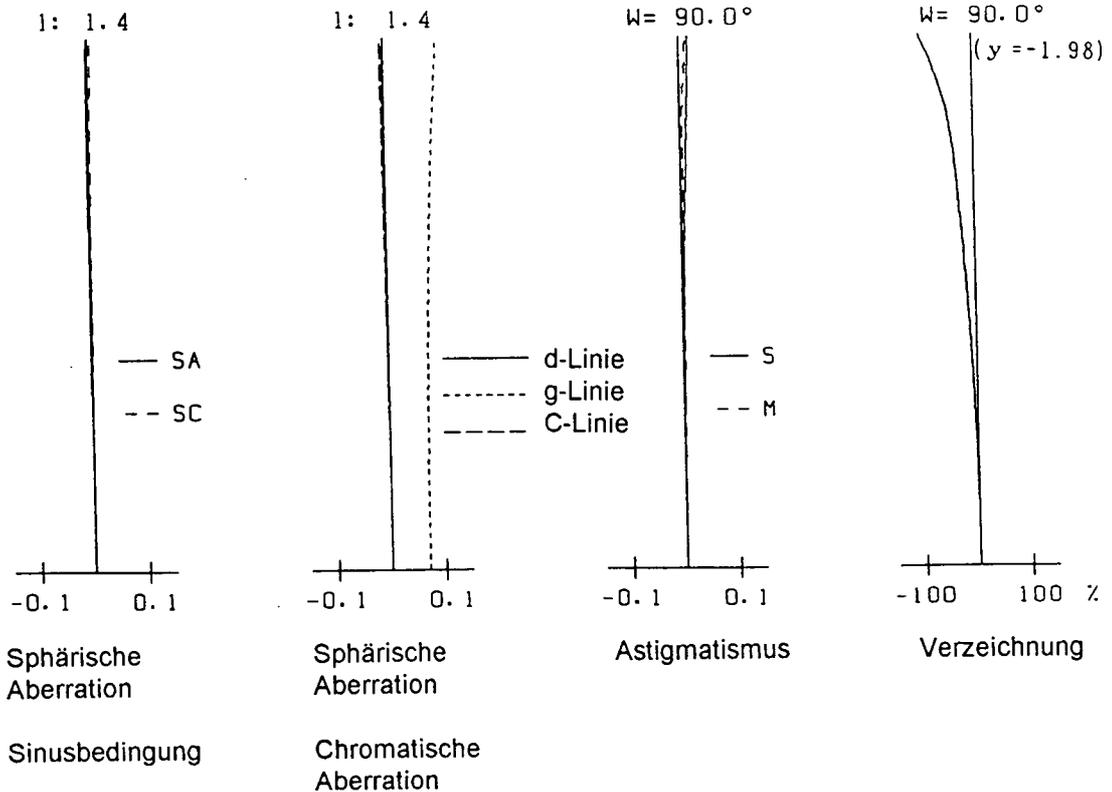
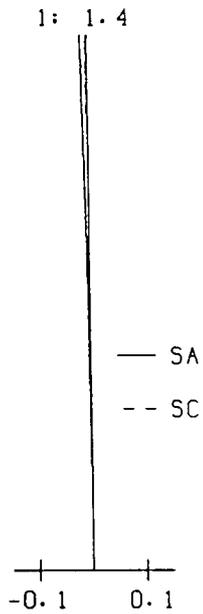


Fig.15A



Sphärische
Aberration

Sinusbedingung

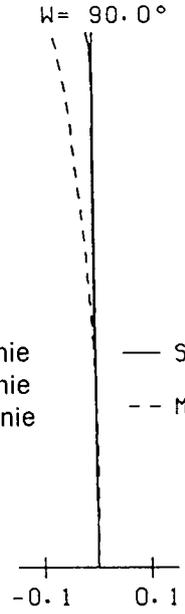
Fig.15B



Sphärische
Aberration

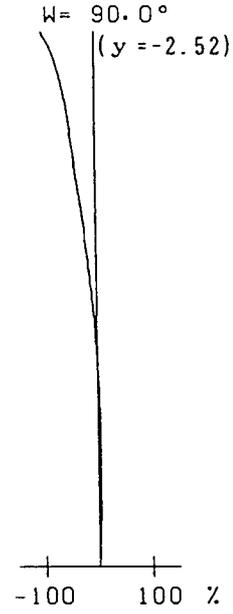
Chromatische
Aberration

Fig.15C

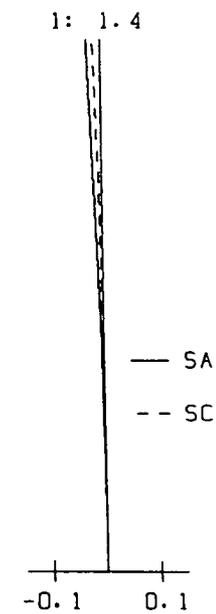


Astigmatismus

Fig.15D

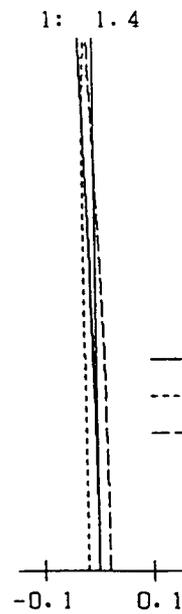


Verzeichnung



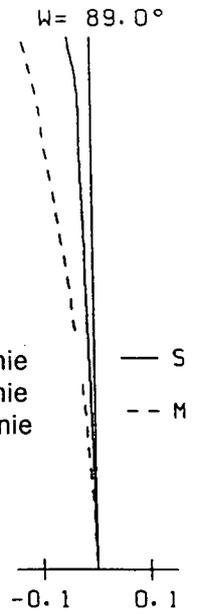
Sphärische
Aberration

Sinusbedingung

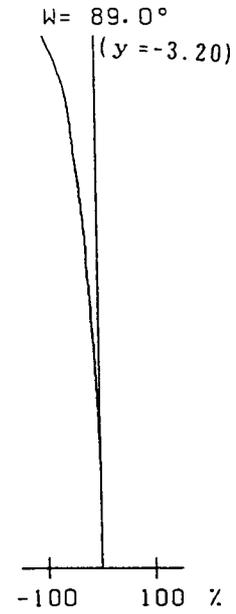


Sphärische
Aberration

Chromatische
Aberration



Astigmatismus



Verzeichnung

Fig.16A

Fig.16B

Fig.16C

Fig.16D

Fig.17

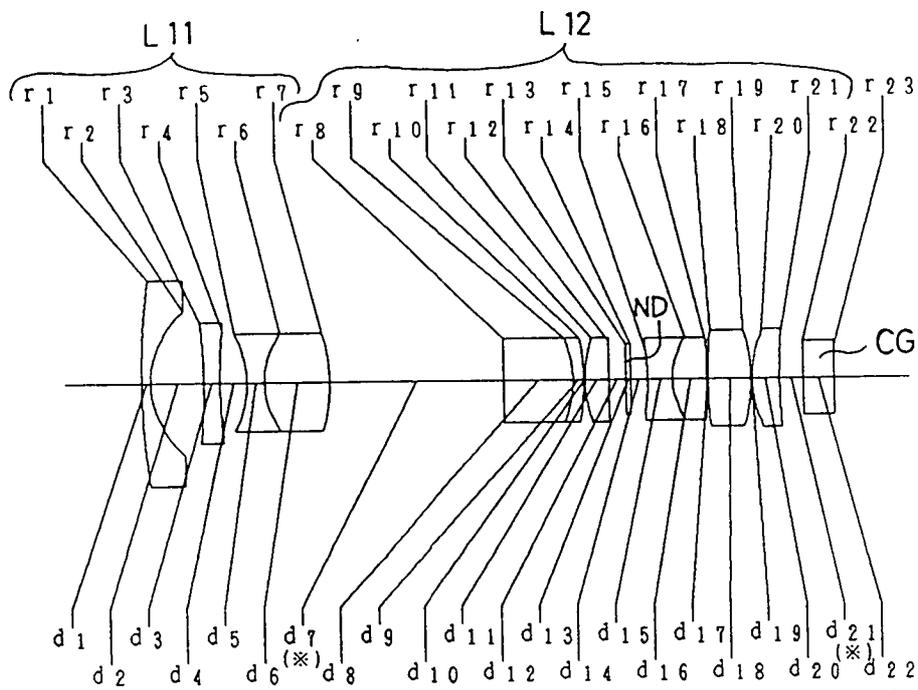


Fig.18A Fig.18B Fig.18C Fig.18D

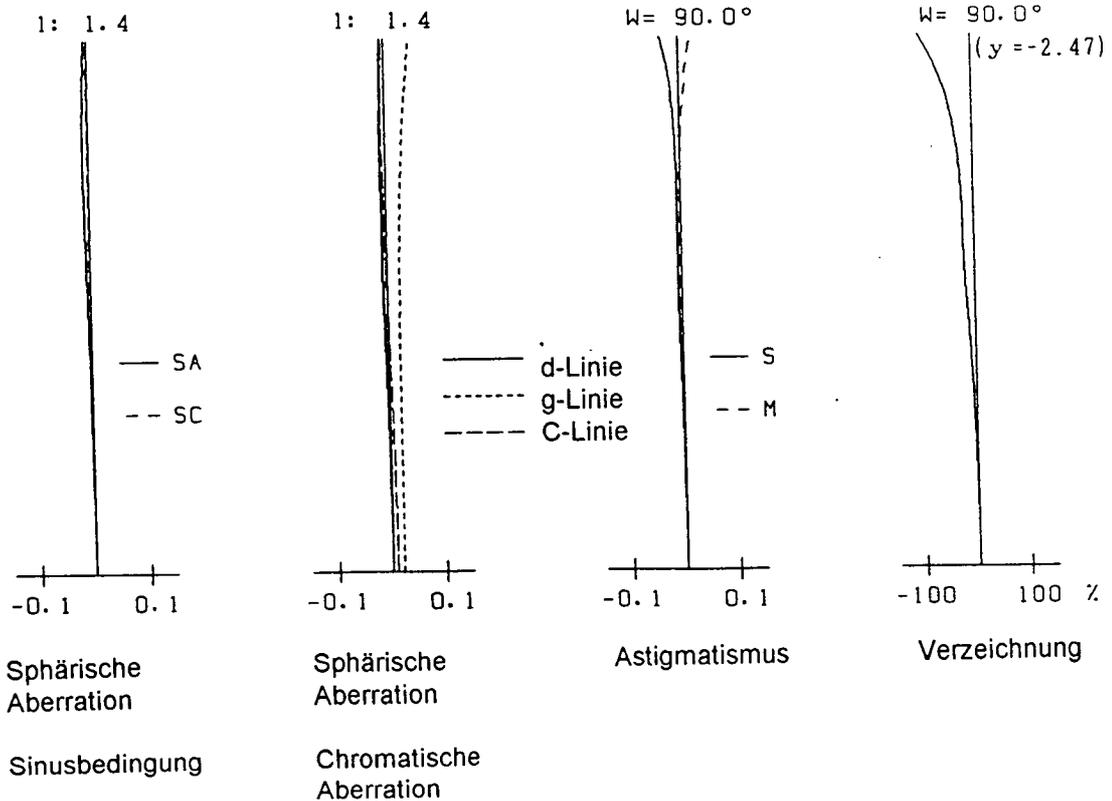
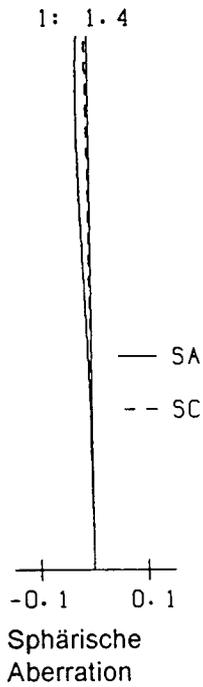
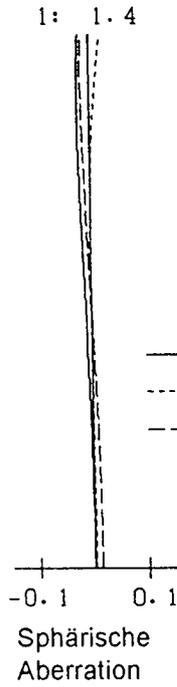


Fig.19A



Sinusbedingung

Fig.19B



Chromatische Aberration

Fig.19C

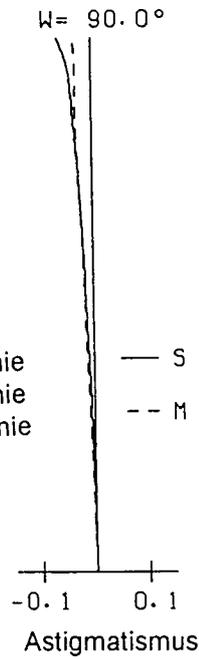


Fig.19D

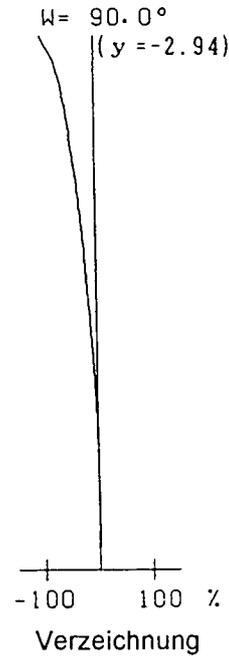
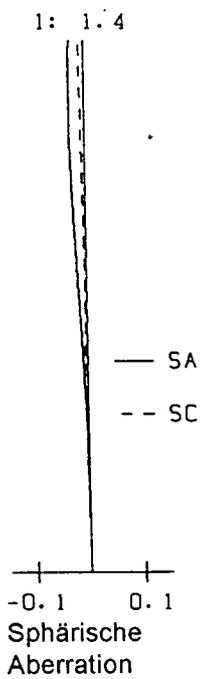
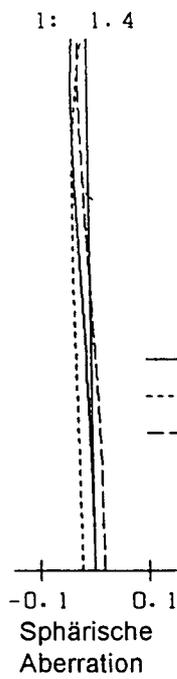


Fig.20A



Sinusbedingung

Fig.20B



Chromatische Aberration

Fig.20C

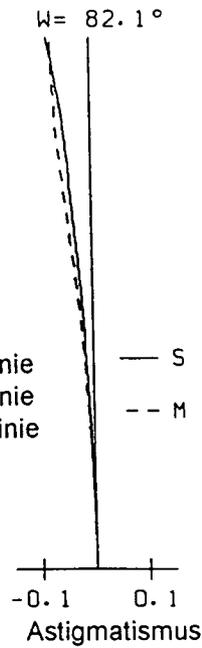


Fig.20D

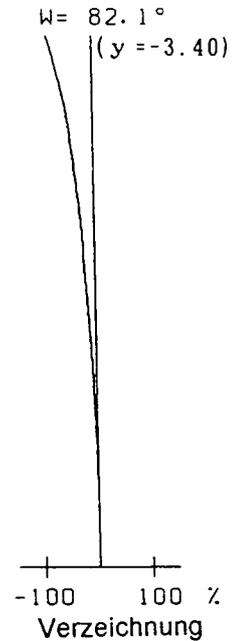


Fig.21

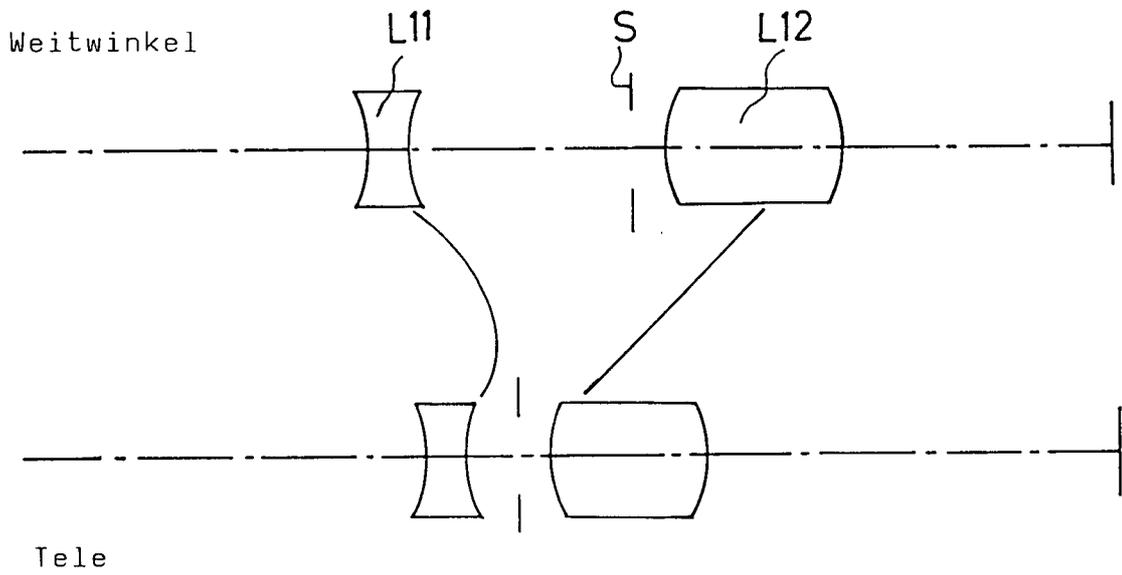


Fig.22

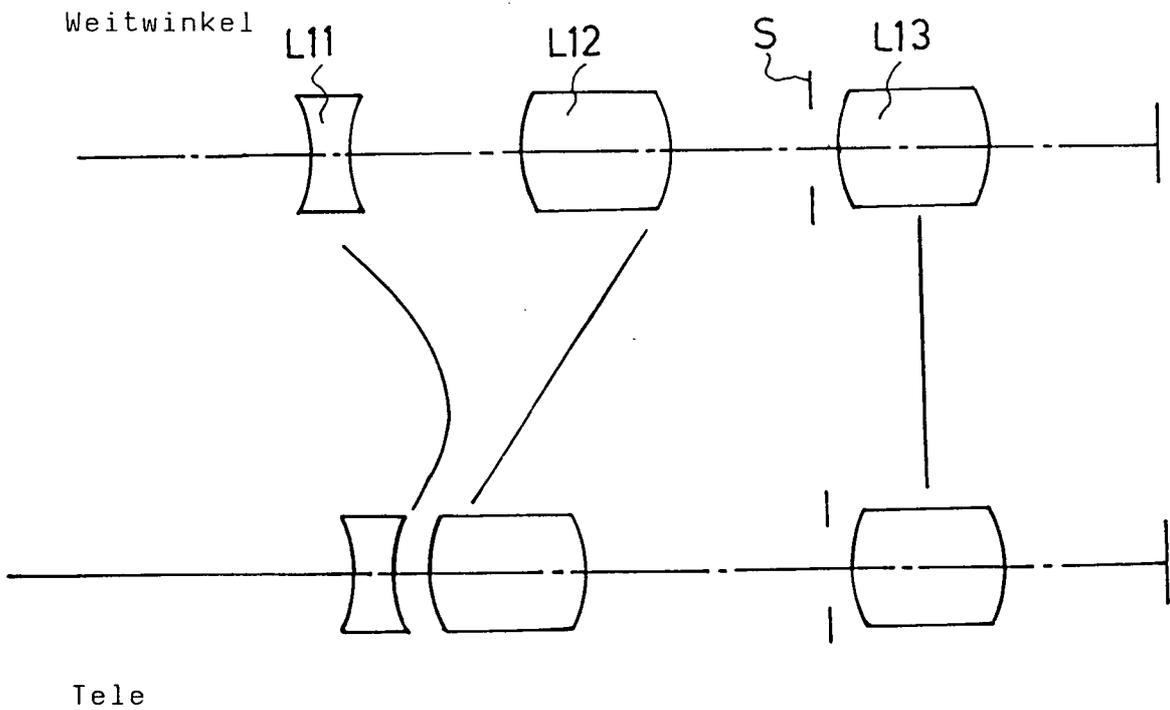
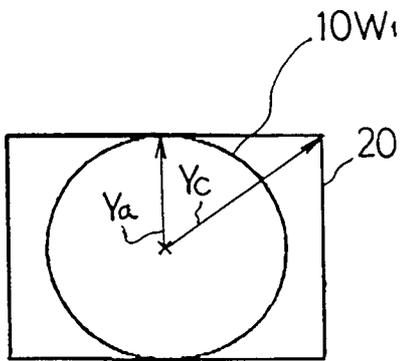
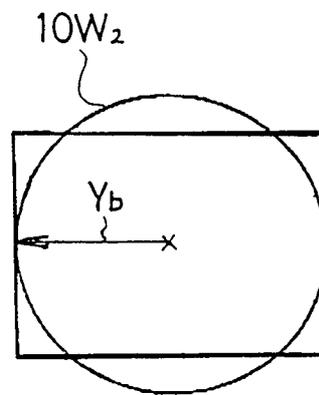


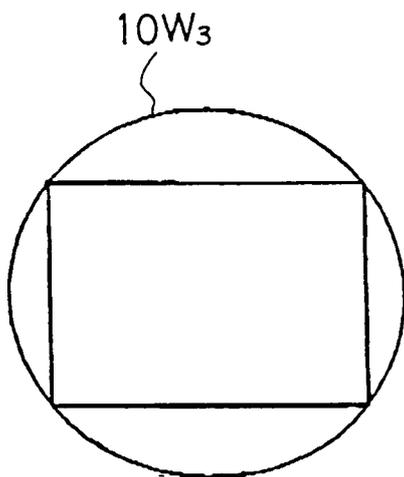
Fig.23



Fish-eye-Objektiv der kürzeren Seite



Fish-eye-Objektiv der längeren Seite



Diagonales Fish-eye-Objektiv

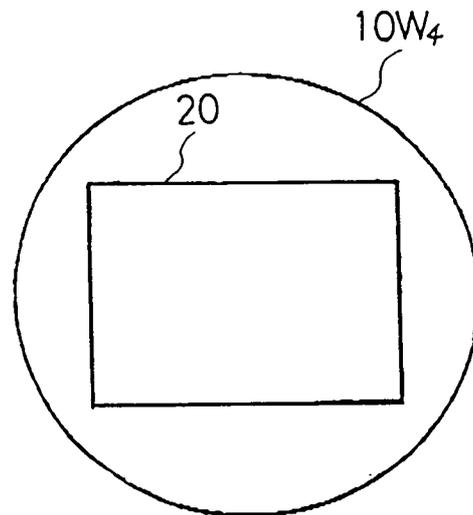


Fig. 24

