



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2005 001 013 T2 2008.01.10**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 582 901 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 15/17** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2005 001 013.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 251 989.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **30.03.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.10.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **02.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.01.2008**

(30) Unionspriorität:

2004109412 01.04.2004 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:

Yakita, Shinichiro, Tokyo, JP

(74) Vertreter:

TBK-Patent, 80336 München

(54) Bezeichnung: **Telezoomobjektiv mit vier Linsengruppen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Bereich der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Zoomobjektive mit Hintergliedfokussierung (Objektivvorrichtungen) und insbesondere ein Zoomobjektiv, das bei einer Aufnahmevorrichtung, wie z.B. einer Fernsehkamera und einer Videokamera verwendet wird.

Beschreibung des zugehörigen Stands der Technik

[0002] Aufnahmevorrichtungen, wie z.B. Fernsehkameras und Videokameras erfordern Zoomobjektive mit großer Apertur, die hohe variable Stärkeverhältnisse und eine hohe optische Leistungsfähigkeit bereitstellen. Insbesondere sind Farbfernsehkameras zur Übertragung vorzugsweise so aufgebaut, dass sie einfach betrieben und gehandhabt werden können, und demgemäß werden kleine Festkörperabbildungsvorrichtungen mit einer Abmessung von 2/3 oder 1/2 Zoll allgemeinen verwendet. Abbildungsvorrichtungen haben im Wesentlichen eine konstante Auflösung über ihren gesamten Abbildungsbereich und es ist daher notwendig, dass Zoomobjektive ebenso eine im Wesentlichen konstante Auflösung vom Zentrum bis zum Rand eines Sichtbereichs haben.

[0003] Demgemäß ist es bei Zoomobjektiven wichtig, nicht nur Aberrationen, wie z.B. eine sphärische Aberration, eine Koma-Aberration usw. genau zu korrigieren, sondern ebenso Aberrationen, die asymmetrisch mit Bezug auf eine optische Achse sind, wie z.B. eine exzentrische Koma-Aberration, die aufgrund von Herstellungsfehlern zwischen Bauteilen erzeugt wird, so dass eine hohe optische Leistungsfähigkeit über den gesamten Sichtbereich erhalten wird.

[0004] Andererseits sind sogenannte Vier-Einheiten-Zoomobjektive mit einer ersten Linseneinheit, die eine positive Linseneinheit ist und die während einer Variation einer Vergrößerung fixiert ist, einer zweiten Linseneinheit (Variatorlinseneinheit), die eine negative Linseneinheit ist und die sich während der Variation der Vergrößerung bewegt, einer dritten Linseneinheit (Kompensatorlinseneinheit), die eine negative Linseneinheit ist und die eine Bildebenenkorrektur während der Variation der Vergrößerung durchführt, und einer vierten Linseneinheit (Fokussierlinseneinheit), die eine positive Linseneinheit ist, die eine Bildausbildungsfunktion hat, die zum Fokussieren verwendet wird und die während der Variation der Vergrößerung fixiert ist, in dieser Reihenfolge von einer Objektseite nach dem Stand der Technik bekannt. Die Vier-Einheiten-Zoomobjektive sind klein und ihre Vergrößerungen sowie ihre Leistungsfähigkeit kann einfach verbessert werden. Demgemäß werden die Vier-Einheiten-Zoomobjektive oft als Zoomobjektive zur Übertragung und für professionelle Zwecke verwendet.

[0005] Beispiele von Vier-Einheiten-Zoomobjektiven sind in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 1-120522 (siehe Zeile 16 in der unteren rechten Spalte von Seite 2 bis Zeile 2 in der oberen linken Spalte von Seite 3 und [Fig. 1](#)), in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 1-284818 (siehe Zeilen 12 bis 18 in der unteren linken Spalte von Seite 2 und [Fig. 1](#)), in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2-100011 (siehe Zeilen 11 bis 19 in der unteren rechten Spalte von Seite 2 und [Fig. 1](#)), in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2-118510 (siehe Zeilen 1 bis 10 in der oberen rechten Spalte von Seite 3 und [Fig. 1\(A\)](#) und [1\(B\)](#)), in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2-208618 (siehe dritte Zeile von unten in der oberen rechten Spalte bis Zeile 7 in der unteren linken Spalte von Seite 3 und [Fig. 1](#)), in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2-208619 (siehe Zeilen 11 bis 19 in der unteren rechten Spalte von Seite 2 und [Fig. 1](#)), in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2-208620 (siehe Zeilen 11 bis 19 in der unteren rechten Spalte von Seite 2 und [Fig. 1](#)), in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 3-123310 (siehe Zeilen 9 bis 17 in der unteren rechten Spalte von Seite 2 und [Fig. 1](#)), in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 3-145615 (siehe Zeilen 3 bis 11 in der unteren rechten Spalte von Seite 2 und [Fig. 1](#) bis 8) und in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 4-138407 (siehe Zeilen 2 bis 10 in der unteren rechten Spalte von Seite 2 und [Fig. 1](#)) offenbart.

[0006] Zusätzlich sind Drei-Einheiten-Zoomobjektive mit einer ersten Linseneinheit, die eine positive Linseneinheit ist und die während der Variation der Vergrößerung fixiert ist, einer zweiten Linseneinheit (Variatorlinseneinheit), die eine negative Stärke hat und die sich während der Variation der Vergrößerung bewegt, und einer dritten Linseneinheit, die eine positive Linseneinheit ist, die eine Bildausbildungsfunktion hat und die während der Variation der Vergrößerung fixiert ist, in dieser Reihenfolge von einer Objektseite nach dem Stand der Technik ebenso bekannt. Die dritte Linseneinheit weist eine Linsenuntereinheit (Fokussierlinsenuntereinheit)

sowohl mit einer Funktion zum Fokussieren als zur Durchführung einer Bildebenenkorrektur während der Variation der Vergrößerung auf. Die Drei-Einheiten-Zoomobjektive haben einen relativ einfachen Aufbau und werden daher oft bei kommerziellen Videokameras und dergleichen verwendet.

[0007] Beispiele der Drei-Einheiten-Zoomobjektive, die einen Aufbau haben, bei dem eine fixierte Linsenuntereinheit an einer Position vorgesehen ist, die näher an einer Bildebene als die Fokussierlinsenuntereinheit gelegen ist, um die Abmessung und das Gewicht zu verringern und die Leistungsfähigkeit zu verbessern, sind beispielsweise in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 8-5913 (siehe Absätze 0013 bis 0014 und [Fig. 2](#) bis 14), in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 9-159917 (siehe Absätze 0012 bis 0013 und [Fig. 1](#)), in dem japanischen Patent Nr. 3097399 (siehe Absätze 0014 bis 0019 und [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#)) und in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2000-284173 (siehe Absätze 0032 bis 0035 und [Fig. 1](#)) offenbart.

[0008] Bei optischen Systemen mit einer Vielzahl von Linseneinheiten, wie vorstehend beschrieben ist, kann die optische Leistungsfähigkeit in hohem Maße durch eine Schrägstellung, eine parallele Exzentrizität usw. von jeder Linseneinheit mit Bezug auf eine optische Achse beeinflusst werden, die durch Differenzen der Genauigkeit zwischen Linsenstücken und Bauteilen an einem Objektivtubus verursacht werden. Zum Einstellen der Schiefstellung, der parallelen Exzentrizität usw. weisen manche Zoomobjektive einen Mechanismus auf, um eine der Linseneinheiten exzentrisch parallel oder schräg gestellt mit Bezug auf die optische Achse zu stellen. Die Einstelllinseneinheit hat eine ausreichende Empfindlichkeit bei exzentrischer Koma-Aberration usw.

[0009] Andererseits werden Zoomobjektive mit Hintergliedfokussierung, bei denen eine Fokussierlinseneinheit an einer Position angeordnet ist, die näher an einer Bildebene als eine Variatorlinseneinheit gelegen ist, oft als Autofokuszoomobjektive verwendet, da die Abmessung und das Gewicht der Fokussierlinseneinheit verringert werden kann.

[0010] Bei den Vier-Einheiten-Zoomobjektiven, die in den vorstehend erwähnten Veröffentlichungen offenbart sind, werden vier Linseneinheiten, die aus positiven, negativen, negativen und positiven Linseneinheiten in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen, angeordnet. Da jedoch ein konvertierter Schrägstellungswinkel des Einfalls eines auf der Achse liegenden Lichtstrahls an der Seite der vierten Linseneinheit, die zu der Bildebene weist, groß ist, wenn das Fokussieren an der Seite durchgeführt wird, die zu der Bildebene weist, variiert eine Einfallshöhe des auf der Achse liegenden Lichtstrahls in hohem Maße und werden Variationen der auf der Achse liegenden Aberrationen, wie z.B. eine sphärische Aberration und eine auf der Achse liegende chromatische Aberration vergrößert. Da zusätzlich die Brechkraft an einer Seite der vierten Linseneinheit, die zu dem Objekt weist, verringert wird, muss eine zusätzliche positive Linse an einer Position angeordnet werden, die näher an dem Objekt als eine Blende liegt, um zu verursachen, dass ein divergierender Lichtstrahl von der dritten Linseneinheit konvergiert. Zusätzlich muss die Brechkraft der dritten Linseneinheit verringert werden, um die Divergenz von der dritten Linseneinheit zu verringern. Als Folge wird der Betrag einer Bewegung der dritten Linseneinheit vergrößert und wird die Gesamtlänge des Zoomobjektivs ebenso vergrößert.

[0011] Zusätzlich werden bei den Drei-Einheiten-Zoomobjektiven, die in den vorstehend erwähnten Veröffentlichungen offenbart sind, drei Linseneinheiten, die aus einer positiven, einer negativen und einer positiven Linseneinheit in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen, angeordnet. Da jedoch ein konvertierter Schrägstellungswinkel des Einfalls eines auf der Achse liegenden Lichtstrahls an der Fokussierlinsenuntereinheit groß ist, die in der dritten Linseneinheit enthalten ist, wenn das Fokussieren an der Fokussierlinsenuntereinheit durchgeführt wird, variiert eine Einfallshöhe des auf der Achse liegenden Lichtstrahls in hohem Maße und werden Variationen der auf der Achse liegenden Aberrationen, wie z.B. die sphärische Aberration und die auf der Achse liegende chromatische Aberration vergrößert. Zusätzlich ist gemäß der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2000-284137 eine fixierte Linsenuntereinheit mit einer negativen Brechkraft an einer Position angeordnet, die näher an der Bildebene als die Fokussierlinsenuntereinheit liegt, die in der dritten Linseneinheit enthalten ist. Demgemäß wird die Brechkraft der Fokussierlinsenuntereinheit vergrößert und werden die absoluten Werte und Variationen der auf der Achse liegenden Aberrationen, wie z.B. der sphärischen Aberration und der auf der Achse liegenden chromatischen Aberration vergrößert.

[0012] Zusätzlich sind bei Zoomobjektiven mit Hintergliedfokussierung, wenn eine Leistungsver schlechterung an einem Weitwinkelende aufgrund von Herstellungsfehlern zu korrigieren ist, die Linseneinheiten mit Hintergliedfokussierung im Allgemeinen nicht zur Verwendung als Einstelllinseneinheiten geeignet, da sie sich bewegen.

[0013] Bei den Drei-Einheiten-Zoomobjektiven, die herkömmlich bei kommerziellen Videokameras und dergleichen verwendet werden, wird eine exzentrische Aberration oft durch Einstellen einer feststehenden Linsen-

untereinheit korrigiert, die in der dritten Linseneinheit enthalten ist. Alternativ können die Einstelllinseneinheiten zum Korrigieren der exzentrischen Aberration im Hinblick auf die optische Leistungsfähigkeit, die von Anwendern gefordert wird, und auf die Produktionskosten nicht vorgesehen werden.

[0014] Im Vergleich fordern bei den Vier-Einheiten-Zoomobjektiven, die herkömmlich zur Übertragung und für professionelle Zwecke verwendet werden, die Anwender eine hohe optische Leistungsfähigkeit und ist es daher notwendig, die exzentrische Aberration zu korrigieren. Zusätzlich wird eine Einstelllinseneinheit zum Korrigieren der exzentrischen Aberration vorzugsweise bei der vierten Linseneinheit als feststehende Linsenuntereinheit vorgesehen. Jedoch sind eine Blendeneinheit und eine Antriebseinheit zum elektrischen Steuern der Variation der Vergrößerung in der Nähe der Seite der vierten Linseneinheit angeordnet, die zu dem Objekt weist, und es ist nicht vorzuziehen, die Einstelllinsenuntereinheit an dieser Position anzuordnen, da die Struktur komplex wird.

[0015] Bekannte Tele-Zoomobjektive sind in US 5,898,525 und US 2001/0019455 offenbart.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0016] Die vorliegende Erfindung ist auf ein kleines Zoomobjektiv mit Hintergliedfokussierung gerichtet, das eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit bereitstellt. Gemäß einem ersten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist eine Objektivvorrichtung vorgesehen, die in den Ansprüchen 1 bis 3 angegeben ist. Gemäß einem zweiten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist ein Aufnahmesystem vorgesehen, das in Anspruch 4 angegeben ist.

[0017] Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen erkennbar, in denen ähnliche Bezugszeichen die gleichen oder ähnliche Teile durch die Figuren darstellen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Die beigefügten Zeichnungen, die in der Beschreibung enthalten sind und einen Teil derselben bilden, stellen Ausführungsbeispiele der Erfindung dar, und gemeinsam mit der Beschreibung dienen sie dazu, die Prinzipien der Erfindung zu erklären.

[0019] [Fig. 1](#) ist eine Schnittansicht eines Zoomobjektivs gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel (numerisches Beispiel 1) der vorliegenden Erfindung an einem Weitwinkelende.

[0020] [Fig. 2](#) ist eine Schnittansicht eines Zoomobjektivs gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel (numerisches Beispiel 2) der vorliegenden Erfindung an einem Weitwinkelende.

[0021] [Fig. 3](#) ist eine Schnittansicht eines Zoomobjektivs gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel (numerisches Beispiel 3) der vorliegenden Erfindung an einem Weitwinkelende.

[0022] [Fig. 4](#) ist eine Schnittansicht eines Zoomobjektivs gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel (numerisches Beispiel 4) der vorliegenden Erfindung an einem Weitwinkelende.

[0023] [Fig. 5](#) ist eine Schnittansicht eines Zoomobjektivs gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel (numerisches Beispiel 5) der vorliegenden Erfindung an einem Weitwinkelende.

[0024] [Fig. 6](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 1, das erhalten wird, wenn $f = 1$ mm gilt und der Objektabstand 0,3 m beträgt.

[0025] [Fig. 7](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 1, das erhalten wird, wenn $f = 3,25$ mm gilt und der Objektabstand 0,3 m beträgt.

[0026] [Fig. 8A](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 1, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand 0,3 m beträgt.

[0027] [Fig. 8B](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 1, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand unendlich ist.

- [0028] [Fig. 8C](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 1, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand $0,11$ m beträgt.
- [0029] [Fig. 9](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 2, das erhalten wird, wenn $f = 1$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0030] [Fig. 10](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 2, das erhalten wird, wenn $f = 3,25$ mm beträgt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0031] [Fig. 11A](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 2, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0032] [Fig. 11B](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 2, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm beträgt und der Objektabstand unendlich ist.
- [0033] [Fig. 11C](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 2, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm beträgt und der Objektabstand $0,11$ m beträgt.
- [0034] [Fig. 12](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 3, das erhalten wird, wenn $f = 1$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0035] [Fig. 13](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 3, das erhalten wird, wenn $f = 3,25$ mm ist und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0036] [Fig. 14A](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 3, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0037] [Fig. 14B](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 3, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand unendlich ist.
- [0038] [Fig. 14C](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 3, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand $0,11$ m beträgt.
- [0039] [Fig. 15](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 4, das erhalten wird, wenn $f = 1$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0040] [Fig. 16](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 4, das erhalten wird, wenn $f = 3,25$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0041] [Fig. 17A](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 4, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0042] [Fig. 17B](#) ist eine Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 4, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand unendlich ist.
- [0043] [Fig. 17C](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 4, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand $0,11$ m beträgt.
- [0044] [Fig. 18](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 5, das erhalten wird, wenn $f = 1$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0045] [Fig. 19](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 5, das erhalten wird, wenn $f = 3,25$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0046] [Fig. 20A](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 5, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand $0,3$ m beträgt.
- [0047] [Fig. 20B](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 5, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm gilt und der Objektabstand unendlich ist.

[0048] [Fig. 20C](#) ist ein Aberrationsdiagramm gemäß dem numerischen Beispiel 5, das erhalten wird, wenn $f = 12,6$ mm beträgt und der Objektastand 0,11 m beträgt.

[0049] [Fig. 21](#) ist ein schematisches Diagramm, das eine Beziehung zwischen der Brechkraftanordnung in einem paraxialen Gebiet und der Änderung eines Sichtfelds aufgrund eines Brennpunkteinstellbetriebs zeigt.

[0050] [Fig. 22](#) ist ein schematisches Diagramm, das ein Aufnahmesystem mit einem Zoomobjektiv gemäß den ersten bis fünften Ausführungsbeispielen zeigt.

[0051] [Fig. 23A](#) ist ein schematisches Diagramm, das einen Exzentrizitätseinstellmechanismus gemäß dem ersten bis fünften Ausführungsbeispiel zeigt.

[0052] [Fig. 23B](#) ist ein weiteres schematisches Diagramm, das einen Exzentrizitätseinstellmechanismus gemäß dem ersten bis fünften Ausführungsbeispiel zeigt.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0053] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. [Fig. 1](#) ist eine Schnittansicht, die den Aufbau eines optischen Systems eines Zoomobjektivs gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, [Fig. 2](#) ist eine Schnittansicht, die den Aufbau eines optischen Systems eines Zoomobjektivs gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, [Fig. 3](#) ist eine Schnittansicht, die den Aufbau eines optischen Systems eines Zoomobjektivs gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, [Fig. 4](#) ist eine Schnittansicht, die den Aufbau eines optischen Systems eines Zoomobjektivs gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt und [Fig. 5](#) ist eine Schnittansicht, die den Aufbau eines optischen Systems eines Zoomobjektivs gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. Die Schnittansichten der [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) entsprechen dem Weitwinkelende und dem unendlichen Objektastand.

[0054] In jedem Ausführungsbeispiel ist das Zoomobjektiv ein Zoomobjektiv mit Hintergliedfokussierung mit einer Linseneinheit, die sich zum Variieren der Vergrößerung bewegt, und einer Linseneinheit (einer Linsenuntereinheit), die sich für eine Brennpunkteinstellung bewegt und die näher an der Bildebene als die Linseneinheit angeordnet ist, die sich zum Variieren der Vergrößerung bewegt. Genauer gesagt weist das Zoomobjektiv eine erste Linseneinheit I, die eine positive Brechkraft als optische Stärke (Kehrwert der Brennweite) hat und die während der Variation der Vergrößerung fixiert ist, eine zweite Linseneinheit II, die eine negative Brechkraft hat und die sich während der Variation der Vergrößerung bewegt, eine Blende SP zum Einstellen der Lichtmenge und eine dritte Linseneinheit III, die eine positive Brechkraft hat, die zum Ausbilden eines Bildes verwendet wird und die während der Variation der Vergrößerung fixiert ist, in dieser Reihenfolge von einer Objektseite auf.

[0055] Obwohl das optische System des Zoomobjektivs in jedem Ausführungsbeispiel drei Linseneinheiten I bis III aufweist, weist die zweite Linseneinheit II eine Linsenuntereinheit (eine vierte Linsenuntereinheit) **2a**, die eine negative Brechkraft hat und die sich zum Variieren der Vergrößerung bewegt, und eine Linsenuntereinheit (eine fünfte Linsenuntereinheit) **2b**, die ebenso eine negative Brechkraft hat und die sich zum Korrigieren eines Versatzes einer Bildebene bewegt, der verursacht wird, wenn die Vergrößerung variiert wird, in dieser Reihenfolge von einer Objektseite auf. Demgemäß werden diese Untereinheiten als unabhängige Linseneinheiten betrachtet und somit ist das Zoomobjektiv gemäß jedem Ausführungsbeispiel ein Vier-Einheiten-Zoomobjektiv mit vier Linseneinheiten.

[0056] In den Figuren bezeichnet GB einen Glasblock, wie z.B. ein Farbtrennprisma, das an einer Abbildungsvorrichtung vorgesehen ist, an der das Zoomobjektiv angebracht oder integriert ist.

[0057] Die dritte Linseneinheit weist eine Linsenuntereinheit **3a** (eine erste Linsenuntereinheit), die während der Brennpunkteinstellung (während des Fokussierens) fixiert ist, eine Linsenuntereinheit **3b** (eine zweite Linsenuntereinheit), die sich während der Brennpunkteinstellung bewegt, und eine Linsenuntereinheit **3c** (eine dritte Linsenuntereinheit), die während der Brennpunkteinstellung fixiert ist, in dieser Reihenfolge von der Objektseite auf. Die Linsenuntereinheiten **3b** und **3c** haben positive Brechkraften und die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** ist höher als diejenige der Linsenuntereinheit **3c**.

[0058] Wenn die Brennweite des gesamten Zoomobjektivsystems an dem Weitwinkelende auf 1 standardisiert wird und eine paraxiale Nachführung vorgenommen wird, werden vorzugsweise die folgenden Ausdrücke

erfüllt:

$$0 < \alpha_{3b} < 0,35 \quad (1)$$

$$0,1 < \varphi_{3c}/\varphi_{3b} < 0,8 \quad (2)$$

$$0,09 < \varphi_{3b} < 0,19 \quad (3)$$

wobei

α_{3b} : konvertierter Schrägstellungswinkel des Einfalls eines auf der Achse liegenden Lichtstrahls an der Linsenuntereinheit **3b**,

φ_{3b} : Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** und

φ_{3c} : Brechkraft der Linsenuntereinheit **3c** sind.

[0059] Der Ausdruck (1) zeigt eine Bedingung hinsichtlich des konvertierten Schrägstellungswinkels des Einfalls des auf der Achse liegenden Lichtstrahls an der Linsenuntereinheit **3b** und eine Empfindlichkeit Δsk bei Hintergliedfokussierung der Linsenuntereinheit **3b** wird im Allgemeinen wie folgt ausgedrückt:

$$\Delta sk = \alpha_{3b}'^2 - \alpha_{3b}^2 \quad (4)$$

wobei α_{3b} und α_{3b}' der konvertierte Schrägstellungswinkel des Einfalls bzw. der konvertierte Ausfallswinkel des auf der Achse liegenden Lichtstrahls an der Linsenuntereinheit **3b** sind.

[0060] Wenn beispielsweise α_{3b}' von der Brechkraft der Linsenuntereinheit **3c** unbestimmt ist und die Notwendigkeit besteht, dass die Hintergliedfokussierung für das gesamte Zoomobjektiv sichergestellt werden soll, kann die Empfindlichkeit Δsk bei Hintergliedfokussierung durch Einstellen des absoluten Werts von α_{3b} auf einen niedrigen Wert sichergestellt werden. Wenn der konvertierte Schrägstellungswinkel des Einfalls des auf der Achse liegenden Lichtstrahls an der Linsenuntereinheit **3b** auf unter die untere Grenze im Ausdruck (1) verringert wird, wird die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** erhöht und wird die Krümmung jedes Linsenelements, das in der Linsenuntereinheit **3b** enthalten ist, ebenso vergrößert.

[0061] Demgemäß werden das Gewicht und die Aberrationen vergrößert und werden die Variationen der Aberrationen während der Brennpunkteinstellung ebenso vergrößert. Wenn der konvertierte Schrägstellungswinkel des Einfalls des auf der Achse liegenden Lichtstrahls an der Linsenuntereinheit **3b** auf über die obere Grenze im Ausdruck (1) vergrößert wird, wird die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3a** erhöht und werden die Aberrationen ebenso vergrößert. Zusätzlich wird die Empfindlichkeit bei Hintergliedfokussierung der Linsenuntereinheit **3b** verringert und wird der Antriebshub der Linsenuntereinheit **3b** während der Brennpunkteinstellung vergrößert. Als Folge wird die Gesamtlänge des Zoomobjektivs vergrößert.

[0062] Der Ausdruck (2) zeigt eine Bedingung hinsichtlich des Verhältnisses der Brechkraft der Linsenuntereinheit **3c** zu derjenigen der Linsenuntereinheit **3b**. Wenn die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3c** mit Bezug auf diejenige der Linsenuntereinheit **3b** verringert wird und das Verhältnis auf unter die untere Grenze im Ausdruck (2) verringert wird, ist ein großer Betrag einer Exzentrizität zum Korrigieren der Aberrationen an dem Weitwinkelende erforderlich. Wenn zusätzlich die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** mit Bezug auf diejenige der Linsenuntereinheit **3c** erhöht wird und das Verhältnis auf unter die untere Grenze im Ausdruck (2) verringert wird, wird die Krümmung jedes Linsenelements, das in der Linsenuntereinheit **3b** enthalten ist, vergrößert, da die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** vergrößert wird. Demgemäß werden das Gewicht und die Aberrationen vergrößert und werden die Variationen der Aberrationen während der Brennpunkteinstellung ebenso vergrößert.

[0063] Wenn die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** mit Bezug auf diejenige der Linsenuntereinheit **3c** verringert wird und das Verhältnis auf über die obere Grenze im Ausdruck (2) erhöht wird, wird die Empfindlichkeit bei Hintergliedfokussierung der Linsenuntereinheit **3b** verringert und wird der Antriebshub der Linsenuntereinheit **3b** während der Brennpunkteinstellung vergrößert. Als Folge wird die Gesamtlänge des Zoomobjektivs vergrößert. Wenn zusätzlich die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3c** mit Bezug auf diejenige der Linsenuntereinheit **3b** vergrößert wird und das Verhältnis auf über die obere Grenze im Ausdruck (2) vergrößert wird, wird es schwierig, die erforderliche Hintergliedfokussierung sicherzustellen. Wenn zusätzlich die Aberration am Weitwinkelende dadurch korrigiert wird, dass eine der Linseneinheiten exzentrisch gemacht wird, ist es schwierig, den Betrag der Exzentrizität einzustellen, da die Empfindlichkeit zu hoch ist.

[0064] Der Ausdruck (3) zeigt eine Bedingung hinsichtlich der Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b**. Wenn die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** auf unter die untere Grenze im Ausdruck (3) verringert wird, wird die Empfindlichkeit bei Hintergliedfokussierung der Linsenuntereinheit **3b** verringert und wird der Antriebshub der Linsenuntereinheit **3b** während der Brennpunkteinstellung vergrößert. Als Folge wird die Gesamtlänge des Zoomobjektivs vergrößert. Wenn zusätzlich die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** auf über die obere Grenze im Ausdruck (3) vergrößert wird, wird die Krümmung jedes Linsenelements, das in der Linsenuntereinheit **3b** enthalten ist, vergrößert. Demgemäß werden das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** und die Aberrationen vergrößert und werden die Variationen der Aberrationen während des Fokussierens ebenso vergrößert.

[0065] Vorzugsweise wird die exzentrische Aberration am Weitwinkelende dadurch korrigiert, dass die Linsenuntereinheit **3c** exzentrisch (parallel oder geneigt) mit Bezug auf die optische Achse des Zoomobjektivs gestellt wird. In diesem Fall wird die Einstellinseneinheit am nächsten an der Bildebene bei dem Zoomobjektiv positioniert und wird fixiert, während die Variation der Vergrößerung oder die Brennpunkteinstellung durchgeführt wird. Wenn demgemäß ein einfacher Einstellmechanismus bei dem Zoomobjektiv bereitgestellt wird, kann auch dann, wenn eine Antriebseinheit zum Steuern der Variation der Vergrößerung und der Brennpunkteinstellung an dem Zoomobjektiv angebracht wird, die exzentrische Aberration ohne Entfernen der Antriebseinheit einfach korrigiert werden. Somit kann eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit bereitgestellt werden.

[0066] Der vorstehend beschriebene Einstellmechanismus wird nachstehend beschrieben. Ein Mechanismus, der in [Fig. 23A](#) gezeigt ist, der den Betrag der parallelen Exzentrizität der Linsenuntereinheit **3c** einstellt, oder ein Mechanismus, der in [Fig. 23B](#) gezeigt ist, der den Betrag einer geneigten Exzentrizität der Linsenuntereinheit **3c** einstellt, kann als Einstellmechanismus vorgesehen werden.

[0067] In [Fig. 23A](#) bezeichnet ein Bezugszeichen **10** den Hauptkörper des Zoomobjektivs und bezeichnet ein Bezugszeichen **11** einen Objektvtubus, der die Linsenuntereinheit **3c** hält und der an dem Hauptkörper **10** mit einer Schraube **12** angebracht ist. Zusätzlich bezeichnet ein Bezugszeichen **13** eine Kamera, die den Bildausbildungszustand überwacht, und bezeichnet ein Bezugszeichen **14** einen Monitor, der die Informationen darstellt, die durch die Kamera **13** erhalten werden. Ein Einsteller löst die Schraube **12** und stellt den Bildausbildungszustand dadurch, dass der Tubus **12** exzentrisch parallel gestellt wird, mit einem Werkzeug oder Ähnlichem ein, während er den Monitor **14** betrachtet. Insbesondere wird die Einstellung grob durchgeführt, während die Punktform an der Mitte mit einem Kollimator oder einer Autokollimationsbank betrachtet wird, und wird dann eine weitergehende Einstellung so durchgeführt, dass der zentrale Fluss (die zentrale Koma) und der teilweise Verlauf (Asymmetrie der Projektionsauflösung) an dem Rand in der Projektion im Gleichgewicht stehen. Dann wird die Schraube **12** erneut festgezogen, um den Tubus **11** zu fixieren. Zusätzlich können der Betrag und die Richtung der parallelen Exzentrizität einer optischen Achse BXL der Linsenuntereinheit **3c** mit Bezug auf eine optische Achse AXL des Zoomobjektivs frei wählbar eingestellt werden.

[0068] In [Fig. 23B](#) bezeichnet ein Bezugszeichen **13** den Hauptkörper des Zoomobjektivs und bezeichnet ein Bezugszeichen **14** eine Linsenfassung, die eine konvexe äußere Fläche hat und die die Linsenuntereinheit **3c** hält. Eine innere Fläche des Hauptkörpers **13** des Zoomobjektivs ist konkav und ist mit dem gleichen Krümmungsradius wie demjenigen der äußeren Fläche des Linsenrahmens **14** gekrümmt. Demgemäß kann der Betrag der geneigten Exzentrizität einer optischen Achse BXL der Linsenuntereinheit **3c** mit Bezug auf eine optische Achse AXL des Zoomobjektivs durch Bewegen der Linsenfassung **14** entlang der konkaven inneren Fläche des Hauptkörpers **13** des Zoomobjektivs eingestellt werden.

[0069] Die [Fig. 23A](#) und [Fig. 23B](#) zeigen einfach Beispiele der Einstellmechanismen und andere Einstellmechanismen können ebenso verwendet werden. Alternativ kann ein Einstellmechanismus, der sowohl den Betrag der parallelen Exzentrizität als auch den Betrag der geneigten Exzentrizität der Linsenuntereinheit **3c** einstellen kann, ebenso durch Kombinieren der Einstellmechanismen vorgesehen werden, die in den [Fig. 23A](#) und [Fig. 23B](#) gezeigt sind.

[0070] In den Ausführungsbeispielen beträgt der Betrag der parallelen Exzentrizität, der für die Linsenuntereinheit **3c** gestattet wird, maximal ungefähr 1 mm und beträgt der Betrag der geneigten Exzentrizität, der für die Linsenuntereinheit **3c** gestattet wird, maximal ungefähr 1°.

[0071] Zusätzlich kann in den Ausführungsbeispielen ebenso ein Einstellmechanismus zum Korrigieren der sphärischen Aberration am Weitwinkelende durch Einstellen der Position der feststehenden Linseneinheit **3a** entlang der optischen Achse vorgesehen werden. Anders als bei der Korrektur der exzentrischen Aberration, die relativ häufig durchgeführt wird, ist es nicht notwendig, die sphärische Aberration wiederholt zu korrigieren,

da die sphärische Aberration im Voraus aus Fehlern der Linsendicke, von Luftspalten, Krümmungen usw. vorhergesagt werden kann, die bei dem Herstellungsprozess erzeugt werden. Daher ist die Einstellbarkeit in dem Zustand, in dem die vorstehend erwähnte Antriebseinheit angebracht wird, nicht sehr wichtig.

[0072] Gemäß den Ausführungsbeispielen wird in dem Zustand, in dem die Linsenuntereinheit **3b** so positioniert ist, dass ein Objekt im Unendlichen im Brennpunkt liegt, wenn die Brennweite des Zoomobjektivs an dem Weitwinkelende auf 1 standardisiert ist und eine paraxiale Nachführung durchgeführt wird, vorzugsweise der folgende Ausdruck erfüllt:

$$|\alpha_{p3b} \cdot \phi_{3b} \cdot (sk \cdot \phi_{3c} - 1) \cdot x \cdot (x + \delta) / b^2| < 2.0 \times 10^{-4} \quad (5)$$

wobei

- α_{p3b} : konvertierter Schrägstellungswinkel des Einfalls von außerhalb der Achse liegenden Hauptlichtstrahlen an der Linsenuntereinheit **3b**,
- ϕ_{3b} : Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b**,
- ϕ_{3c} : Brechkraft der Linsenuntereinheit **3c**,
- sk : Abstand von dem Hauptpunkt der Linsenuntereinheit **3c** zu der Bildebene,
- x : Betrag der Bewegung der Linsenuntereinheit **3b** zwischen einer Position, an der sie ein Objekt im unendlichen fokussiert, und einer Position, an der sie ein Objekt an dem nächstmöglichen Abstand an dem Teleobjektivende fokussiert,
- δ : Differenz zwischen einem Abstand von dem Hauptpunkt der Linsenuntereinheit **3b** zu einem virtuellen Bild der Blende SP und einem Abstand von dem Hauptpunkt der Linsenuntereinheit **3b** zu einem virtuellen Bild der Abbildungsposition, und
- b : Vergrößerung des Zoomobjektivs sind.

[0073] Die Beziehung zwischen der Brechkraftanordnung in einem paraxialen Gebiet und der Änderung eines Sichtfelds (nämlich die Änderung einer Abbildungsvergrößerung) aufgrund des Brennpunkteinstellvorgangs wird nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 21](#) beschrieben. [Fig. 21](#) ist ein schematisches Diagramm, das den optischen Betrieb der Abbildungslinseneinheit zeigt, die näher an der Bildebene als die Blende SP angeordnet ist. Ein außerhalb der Achse liegender Hauptlichtstrahl, der durch die Blende SP tritt, erreicht eine Bildebene IG über die Linsenuntereinheit **3a**, die Linsenuntereinheit **3b** und die Linsenuntereinheit **3c**. Hier wird eine Änderung Δy des Sichtfelds entsprechend dem außerhalb der Achse liegenden Hauptlichtstrahl an der Bildebene IG berücksichtigt, wenn die Linsenuntereinheit **3b** sich für die Brennpunkteinstellung bewegt.

[0074] Die Änderung Δy des Sichtfelds aufgrund der Brennpunkteinstellung wird im Allgemeinen wie folgt ausgedrückt:

$$\Delta y \propto \alpha_{p3b} \cdot \phi_{3b} \cdot (sk \cdot \phi_{3c} - 1) \cdot x \cdot (x + \delta) \quad (6)$$

wobei gilt:

- α_{p3b} : Winkel des Einfalls des außerhalb der Achse liegenden Hauptlichtstrahls an der Linsenuntereinheit **3b**,
- ϕ_{3b} : Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b**,
- ϕ_{3c} : Brechkraft der Linsenuntereinheit **3c**,
- sk : Abstand zwischen der Linsenuntereinheit **3c** und der Bildebene IG,
- δ : Differenz zwischen einem Abstand von dem Hauptpunkt der Linsenuntereinheit **3b** zu dem virtuellen Bild der Blende SP und einem Abstand c von dem Hauptpunkt der Linsenuntereinheit **3b** zu dem virtuellen Bild der Abbildungsposition, und
- x : Betrag der Bewegung der Linsenuntereinheit **3b** zwischen einer Position, an der sie ein Objekt im Unendlichen fokussiert, und einer Position, an der sie ein Objekt an dem nächstmöglichen Abstand am Teleobjektivende fokussiert.

[0075] Da der Betrag der Bewegung x bei der Brennpunkteinstellung im Allgemeinen proportional zum Quadrat der Brennweite ist, wird der Betrag der Bewegung der Linsenuntereinheit **3b** bei der Brennpunkteinstellung am größten am Teleobjektivende. In den Ausführungsbeispielen wird, da die Brennweite an dem Weitwinkelende auf 1 standardisiert ist, wenn b das variable Stärkeverhältnis ist, der standardisierte Betrag der Änderung des Sichtfelds im Allgemeinen wie folgt ausgedrückt:

$$\frac{\Delta y}{b^2} \propto \alpha_{p3b} \cdot \phi_{3b} \cdot (sk \cdot \phi_{3c} - 1) \cdot x \cdot (x + \delta) / b^2 \quad \dots (7)$$

[0076] Wenn die Brechkraft der Linsenunterereinheit **3b** vergrößert wird und die obere Grenze im Ausdruck (5) überstiegen wird, wird die Krümmung jedes Linsenelements, das in der Linsenunterereinheit **3b** enthalten ist, ebenso vergrößert. Demgemäß werden das Gewicht der Linsenunterereinheit **3b** und die Aberrationen vergrößert und werden die Variationen der Aberrationen während der Brennpunkteinstellung ebenso vergrößert. Zusätzlich variiert das Sichtfeld in hohem Maße während der Brennpunkteinstellung und wird die Darstellung einer Bildaufnahme mit dem Zoomobjektiv verschlechtert.

[0077] Zusätzlich weist, wie vorstehend beschrieben ist, die zweite Linseneinheit II die Linsenunterereinheit **2a**, die eine negative Brechkraft hat und die sich zum Variieren der Vergrößerung bewegt, und die Linsenunterereinheit **2b** auf, die ebenso eine negative Brechkraft hat und die sich zum Korrigieren der Abbildungsposition (der Bildebene) bewegt, die sich bewegt, wenn sich die Linsenunterereinheit **2a** bewegt. Demgemäß werden Variationen der Aberrationen während der Variation der Vergrößerung unterdrückt und kann eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit erhalten werden. Zusätzlich wird ein Spalt, der zum Antreiben der Linsenunterereinheit **3b** vorzusehen ist, verringert und werden demgemäß die Abmessung und das Gewicht des Zoomobjektivs verringert.

[0078] Numerische Beispiele entsprechend den Ausführungsbeispielen, die in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) gezeigt sind, sind jeweils in den Tabellen 1 bis 5 gezeigt. In jeder Tabelle ist f die Brennweite des gesamten Zoomobjektivs, ist f_{no} die F-Zahl, ist ω (als w in jeder Tabelle gezeigt) der Halbfeldwinkel, ist r_i der Radius der Krümmung der i -ten Linsenfläche von dem Objekt, ist d_i der Abstand zwischen den i -ten und den $(i + 1)$ -ten Linsenflächen und sind n_i und v_i (als v_i in jeder Tabelle gezeigt) der Brechungsindex bzw. die Abbe-Zahl des Werkstoffs des i -ten Linsenelements von dem Objekt. In jeder Tabelle stellt $r_i = 0,000$ $r_i = \infty$ dar.

[0079] Die [Fig. 6](#) bis [Fig. 20C](#) zeigen Aberrationsdiagramme gemäß den vorstehend beschriebenen numerischen Beispielen. Die [Fig. 6](#), [Fig. 9](#), [Fig. 12](#), [Fig. 15](#) und [Fig. 18](#) zeigen Aberrationsdiagramme gemäß den numerischen Beispielen 1 bis 5, die jeweils am Weitwinkelende ($f = 1$ mm) erhalten werden, wenn der Objekt- abstand 0,3 m beträgt. Die [Fig. 7](#), [Fig. 10](#), [Fig. 13](#), [Fig. 16](#) und [Fig. 19](#) zeigen Aberrationsdiagramme gemäß den numerischen Beispielen 1 bis 5, die jeweils an der mittleren Zoomposition ($f = 3,25$ mm) erhalten werden, wenn der Objekt- abstand 0,3 m beträgt. Die [Fig. 8A](#), [Fig. 11A](#), [Fig. 14A](#), [Fig. 17A](#) und [Fig. 20A](#) zeigen Aberrationsdiagramme gemäß den numerischen Beispielen 1 bis 5, die jeweils an dem Teleobjektivende ($f = 12,6$ mm) erhalten werden, wenn der Objekt- abstand 0,3 m beträgt. Die [Fig. 8B](#), [Fig. 11B](#), [Fig. 14B](#), [Fig. 17B](#) und [Fig. 20B](#) zeigen Aberrationsdiagramme gemäß den numerischen Beispielen 1 bis 5, die jeweils an dem Teleobjektivende ($f = 12,6$ mm) erhalten werden, wenn der Objekt- abstand unendlich ist. Die [Fig. 8C](#), [Fig. 11C](#), [Fig. 14C](#), [Fig. 17C](#) und [Fig. 20C](#) zeigen Aberrationsdiagramme gemäß den numerischen Beispielen 1 bis 5, die jeweils an dem Teleobjektivende ($f = 12,6$ mm) erhalten werden, wenn der Objekt- abstand 0,11 m beträgt.

[0080] In jedem Aberrationsdiagramm zeigt die durchgezogene Linie die e-Linie, zeigt die gestrichelte Linie die F-Linie, zeigt die Punkt-Strich-Linie die C-Linie und zeigt die Zwei-Punkt-Strich-Linie die g-Linie.

[0081] Zusätzlich stellt in jedem Aberrationsdiagramm „sph“ die sphärische Aberration dar, stellt „as“ den Astigmatismus dar, stellt „dist“ die Verzerrung dar und stellt „chro“ die seitliche chromatische Aberration dar.

Tabelle 1: Numerisches Beispiel 1

f = 1.00000		fno = 1:1.85 ~1.94		2w = 66.1~5.4	
r1 =	56.805	d1 =	0.24	n1 = 1.81265	v1 = 25.4
r2 =	9.400	d2 =	1.22	n2 = 1.48915	v2 = 70.2
r3 =	-46.355	d3 =	0.69		
r4 =	11.809	d4 =	0.94	n3 = 1.62287	v3 = 60.3
r5 =	-38.196	d5 =	0.02		
r6 =	5.792	d6 =	0.71	n4 = 1.65425	v4 = 58.5
r7 =	13.718	d7 =	variabel		
r8 =	12.305	d8 =	0.11	n5 = 1.88814	v5 = 40.8
r9 =	2.160	d9 =	0.36		
r10 =	12.728	d10 =	0.09	n6 = 1.80811	v6 = 46.6
r11 =	4.616	d11 =	0.49		
r12 =	-2.008	d12 =	0.09	n7 = 1.77621	v7 = 49.6
r13 =	5.476	d13 =	0.34	n8 = 1.93306	v8 = 21.3
r14 =	-5.070	d14 =	variabel		
r15 =	-2.817	d15 =	0.10	n9 = 1.77621	v9 = 49.6
r16 =	3.149	d16 =	0.40	n10 = 1.81265	v10 = 25.4
r17 =	-84.530	d17 =	variabel		
r18 =	0.000 (Blende)	d18 =	0.24		
r19 =	-32.761	d19 =	0.49	n11 = 1.60891	v11 = 43.7
r20 =	-2.554	d20 =	0.02		
r21 =	5.672	d21 =	0.70	n12 = 1.48915	v12 = 70.2
r22 =	-2.343	d22 =	0.13	n13 = 1.88815	v13 = 40.8
r23 =	27.414	d23 =	0.03		
R24 =	4.319	d24 =	0.44	n14 = 1.51976	v14 = 52.4
r25 =	-11.904	d25 =	4.02		
r26 =	9.103	d26 =	0.11	n15 = 1.85482	v15 = 23.9
r27 =	3.780	d27 =	0.23		
r28 =	12.185	d28 =	0.39	n16 = 1.49845	v16 = 81.5
r29 =	-4.945	d29 =	0.02		
r30 =	2.936	d30 =	0.79	n17 = 1.48915	v17 = 70.2
r31 =	117.484	d31 =	0.18		
r32 =	-16.089	d32 =	0.26	n18 = 1.48915	v18 = 70.2
r33 =	-9.986	d33 =	0.54		
r34 =	0.000	d34 =	3.23	n19 = 1.60718	v19 = 38.0
r35 =	0.000	d35 =	1.74	n20 = 1.51825	v20 = 64.2
r36 =	0.000				
Variabler Bereich der Brennweite		1.00	3.25	12.60	
d7	0.07		3.17	4.92	
d14	4.95		1.41	0.16	
d17	0.22		0.65	0.15	

Tabelle 2: Numerisches Beispiel 2

f = 1.00000		fno = 1:1.85 ~1.94		2w = 66.1~5.4	
r1 =	56.805	d1 =	0.24	n1 = 1.76859	v1 = 26.5
r2 =	9.400	d2 =	1.22	n2 = 1.48915	v2 = 70.2
r3 =	-46.355	d3 =	0.69		
r4 =	11.809	d4 =	0.94	n3 = 1.62287	v3 = 60.3
r5 =	-46.632	d5 =	0.02		
r6 =	5.792	d6 =	0.71	n4 = 1.65425	v4 = 58.5
r7 =	13.718	d7 =	variabel		
r8 =	12.305	d8 =	0.11	n5 = 1.88814	v5 = 40.8
r9 =	2.160	d9 =	0.36		
r10 =	12.728	d10 =	0.09	n6 = 1.80811	v6 = 46.6
r11 =	4.616	d11 =	0.49		
r12 =	-2.008	d12 =	0.09	n7 = 1.77621	v7 = 49.6
r13 =	5.476	d13 =	0.34	n8 = 1.93306	v8 = 21.3
r14 =	-5.070	d14 =	variabel		
r15 =	-2.817	d15 =	0.10	n9 = 1.77621	v9 = 49.6
r16 =	3.149	d16 =	0.40	n10 = 1.81265	v10 = 25.4
r17 =	-84.530	d17 =	variabel		
r18 =	0.000 (Blende)	d18 =	0.30		
r19 =	-15.978	d19 =	0.33	n11 = 1.60718	v11 = 38.0
r20 =	-3.874	d20 =	0.02		
r21 =	7.271	d21 =	0.13	n12 = 1.88815	v12 = 40.8
r22 =	3.922	d22 =	0.61	n13 = 1.48915	v13 = 70.2
r23 =	-7.297	d23 =	0.04		
R24 =	6.591	d24 =	0.74	n14 = 1.48915	v14 = 70.2
r25 =	-2.556	d25 =	0.13	n15 = 1.88815	v15 = 40.8
r26 =	44.549	d26 =	0.03		
r27 =	8.397	d27 =	0.60	n16 = 1.57047	v16 = 42.8
r28 =	-3.868	d28 =	2.76		
r29 =	27.097	d29 =	0.11	n17 = 1.85482	v17 = 23.9
r30 =	4.091	d30 =	0.38		
r31 =	-10.246	d31 =	0.31	n18 = 1.48915	v18 = 70.2
r32 =	-4.059	d32 =	0.02		
r33 =	3.677	d33 =	0.45	n19 = 1.48915	v19 = 70.2
r34 =	-11.096	d34 =	0.18		
r35 =	4.620	d35 =	0.20	n20 = 1.51825	v20 = 64.1
r36 =	9.914	d36 =	0.54		
r37 =	0.000	d37 =	3.23	n21 = 1.60718	v21 = 38.0
r38 =	0.000	d38 =	1.74	n22 = 1.51825	v22 = 64.2
r39 =	0.000				
Variabler Bereich der Brennweite	1.00		3.25		12.60
d7	0.01		3.11		4.86
d14	4.95		1.41		0.16
d17	0.22		0.65		0.15

Tabelle 3: Numerisches Beispiel 3

f = 1.00000		fno = 1:1.85 ~1.94		2w = 61.1~5.4	
r1 =	56.805	d1 =	0.24	n1 = 1.81265	v1 = 25.4
r2 =	9.400	d2 =	1.22	n2 = 1.48915	v2 = 70.2
r3 =	-46.355	d3 =	0.69		
r4 =	11.809	d4 =	0.94	n3 = 1.62287	v3 = 60.3
r5 =	-38.196	d5 =	0.02		
r6 =	5.792	d6 =	0.71	n4 = 1.65425	v4 = 58.5
r7 =	13.718	d7 =	variabel		
r8 =	12.305	d8 =	0.11	n5 = 1.88814	v5 = 40.8
r9 =	2.160	d9 =	0.36		
r10 =	12.728	d10 =	0.09	n6 = 1.80811	v6 = 46.6
r11 =	4.616	d11 =	0.49		
r12 =	-2.008	d12 =	0.09	n7 = 1.77621	v7 = 49.6
r13 =	5.476	d13 =	0.34	n8 = 1.93306	v8 = 21.3
r14 =	-5.070	d14 =	variabel		
r15 =	-2.817	d15 =	0.10	n9 = 1.77621	v9 = 49.6
r16 =	3.149	d16 =	0.40	n10 = 1.81265	v10 = 25.4
r17 =	-84.530	d17 =	variabel		
r18 =	0.000 (Blende)	d18 =	0.24		
r19 =	-18.151	d19 =	0.34	n11 = 1.60718	v11 = 38.0
r20 =	-4.270	d20 =	0.02		
r21 =	7.126	d21 =	0.13	n12 = 1.88815	v12 = 40.8
r22 =	3.184	d22 =	0.59	n13 = 1.51825	v13 = 64.1
r23 =	-4.897	d23 =	0.04		
R24 =	7.033	d24 =	0.86	n14 = 1.48915	v14 = 70.2
r25 =	-2.855	d25 =	0.13	n15 = 1.88815	v15 = 40.8
r26 =	8.191	d26 =	0.03		
r27 =	5.756	d27 =	0.75	n16 = 1.57047	v16 = 42.8
r28 =	-3.694	d28 =	3.76		
r29 =	5.991	d29 =	0.11	n17 = 1.85482	v17 = 23.9
r30 =	3.044	d30 =	0.60		
r31 =	3.820	d31 =	0.54	n18 = 1.48945	v18 = 81.5
r32 =	-5.576	d32 =	0.18		
r33 =	6.574	d33 =	0.32	n19 = 1.48915	v19 = 70.2
r34 =	-107.664	d34 =	0.54		
r35 =	0.000	d35 =	3.23	n20 = 1.60718	v20 = 38.0
r36 =	0.000	d36 =	1.74	n21 = 1.51825	v21 = 64.2
r37 =	0.000				
Variabler Bereich der Brennweite		1.00	3.25	12.60	
d7	0.07		3.17	4.92	
d14	4.95		1.41	0.16	
d17	0.22		0.65	0.15	

Tabelle 4: Numerisches Beispiel 4

f = 1.00000		fno = 1:1.85 ~1.94		2w = 61.1~5.4	
r1 =	56.805	d1 =	0.24	n1 = 1.81265	v1 = 25.4
r2 =	9.400	d2 =	1.22	n2 = 1.48915	v2 = 70.2
r3 =	-46.355	d3 =	0.69		
r4 =	11.809	d4 =	0.94	n3 = 1.62287	v3 = 60.3
r5 =	-38.196	d5 =	0.02		
r6 =	5.792	d6 =	0.71	n4 = 1.65425	v4 = 58.5
r7 =	13.718	d7 =	variabel		
r8 =	12.305	d8 =	0.11	n5 = 1.88814	v5 = 40.8
r9 =	2.160	d9 =	0.36		
r10 =	12.728	d10 =	0.09	n6 = 1.80811	v6 = 46.6
r11 =	4.616	d11 =	0.49		
r12 =	-2.008	d12 =	0.09	n7 = 1.77621	v7 = 49.6
r13 =	5.476	d13 =	0.34	n8 = 1.93306	v8 = 21.3
r14 =	-5.070	d14 =	variabel		
r15 =	-2.817	d15 =	0.10	n9 = 1.77621	v9 = 49.6
r16 =	3.149	d16 =	0.40	n10 = 1.81265	v10 = 25.4
r17 =	-84.530	d17 =	variabel		
r18 =	0.000 (Blende)	d18 =	0.25		
r19 =	-54.202	d19 =	0.33	n11 = 1.60718	v11 = 38.0
r20 =	-3.705	d20 =	0.02		
r21 =	8.751	d21 =	0.57	n12 = 1.48915	v12 = 70.2
r22 =	-2.991	d22 =	0.07	n13 = 1.88815	v13 = 40.8
r23 =	-5.038	d23 =	0.04		
R24 =	7.265	d24 =	0.66	n14 = 1.48915	v14 = 70.2
r25 =	-3.271	d25 =	0.13	n15 = 1.88815	v15 = 40.8
r26 =	7.319	d26 =	0.03		
r27 =	5.219	d27 =	0.53	n16 = 1.57047	v16 = 42.8
r28 =	-5.154	d28 =	2.78		
r29 =	10.220	d29 =	0.11	n17 = 1.85482	v17 = 23.9
r30 =	3.602	d30 =	0.22		
r31 =	20.465	d31 =	0.32	n18 = 1.48915	v18 = 70.2
r32 =	-5.733	d32 =	0.02		
r33 =	3.147	d33 =	0.54	n19 = 1.48915	v19 = 70.2
r34 =	-10.272	d34 =	0.18		
r35 =	3902.495	d35 =	0.19	n20 = 1.51825	v20 = 64.1
r36 =	-29.845	d36 =	0.54		
r37 =	0.000	d37 =	3.23	n21 = 1.60718	v21 = 38.0
r38 =	0.000	d38 =	1.74	n22 = 1.51825	v22 = 64.2
r39 =	0.000				
Variabler Bereich der Brennweite		1.00	3.25	12.60	
d7	0.07		3.17	4.92	
d14	4.95		1.41	0.16	
d17	0.22		0.65	0.15	

Tabelle 5: Numerisches Beispiel 5

f = 1.00000		fno = 1:1.85 ~1.94		2w = 61.1 ~5.4	
r1 =	56.805	d1 =	0.24	n1 = 1.81265	v1 = 25.4
r2 =	9.400	d2 =	1.22	n2 = 1.48915	v2 = 70.2
r3 =	-46.355	d3 =	0.69		
r4 =	11.809	d4 =	0.94	n3 = 1.62287	v3 = 60.3
r5 =	-38.196	d5 =	0.02		
r6 =	5.792	d6 =	0.71	n4 = 1.65425	v4 = 58.5
r7 =	13.718	d7 =	variabel		
r8 =	12.305	d8 =	0.11	n5 = 1.88814	v5 = 40.8
r9 =	2.160	d9 =	0.36		
r10 =	12.728	d10 =	0.09	n6 = 1.80811	v6 = 46.6
r11 =	4.616	d11 =	0.49		
r12 =	-2.008	d12 =	0.09	n7 = 1.77621	v7 = 49.6
r13 =	5.476	d13 =	0.34	n8 = 1.93306	v8 = 21.3
r14 =	-5.070	d14 =	variabel		
r15 =	-2.817	d15 =	0.10	n9 = 1.77621	v9 = 49.6
r16 =	3.149	d16 =	0.40	n10 = 1.81265	v10 = 25.4
r17 =	-84.530	d17 =	variabel		
r18 =	0.000 (Blende)	d18 =	0.24		
r19 =	-5.156	d19 =	0.31	n11 = 1.65425	v11 = 58.5
r20 =	-3.057	d20 =	0.02		
r21 =	6.708	d21 =	0.46	n12 = 1.62286	v12 = 60.3
r22 =	-6.795	d22 =	0.02		
r23 =	8.906	d23 =	0.65	n13 = 1.48915	v13 = 70.2
R24 =	-3.496	d24 =	0.13	n14 = 1.83932	v14 = 37.2
r25 =	-19.744	d25 =	4.30		
r26 =	16.245	d26 =	0.11	n15 = 1.85482	v15 = 23.9
r27 =	4.737	d27 =	0.21		
r28 =	6.861	d28 =	0.53	n16 = 1.49845	v16 = 81.5
r29 =	-6.295	d29 =	0.02		
r30 =	4.326	d30 =	0.53	n17 = 1.48915	v17 = 70.2
r31 =	-22.070	d31 =	0.18		
r32 =	12.441	d32 =	0.23	n18 = 1.48915	v18 = 70.2
r33 =	-569.799	d33 =	0.54		
r34 =	0.000	d34 =	3.23	n19 = 1.60718	v19 = 38.0
r35 =	0.000	d35 =	1.74	n20 = 1.51825	v20 = 64.2
r36 =	0.000				
Variabler Bereich der Brennweite		1.00	3.25	12.60	
d7		0.07	3.17	4.92	
d14		4.95	1.41	0.16	
d17		0.22	0.65	0.15	

[0082] Wie aus dem vorstehend Angegebenen deutlich ist, werden gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen Zoomobjektive mit Hintergliedfokussierung mit hohen Aperturverhältnissen mit einer F-Zahl von ungefähr 2,0 und hohen variablen Stärkeverhältnissen von 10 oder mehr erhalten.

[0083] Die Beziehung zwischen den vorstehend beschriebenen numerischen Beispielen, den Ausdrücken (1) bis (4) und dem Änderungsprozentanteil des Sichtfelds am Teleobjektivende ist in Tabelle 6 gezeigt. Die Linsenuntereinheit **3b** ist eine Linseneinheit mit Hintergliedfokussierung mit einer insgesamt positiven Brechkraft und bewegt sich entlang der optischen Achse in Richtung auf die Objektseite, wenn ein Objekt mit einem geringen Abstand zu fokussieren ist. Hier ist der nächstgelegene Abstand, den das Zoomobjektiv fokussieren kann, auf 110 mm von der Linsenfläche am nächsten zum dem Objekt eingerichtet.

Tabelle 6: Bedingungsausdrücke und Änderungsprozentanteile des Sichtfelds beim jeweiligen numerischen Beispiel (Brennweite an Weitwinkelende ist auf 1 standardisiert)

	Numerisches Beispiel 1	Numerisches Beispiel 2	Numerisches Beispiel 3	Numerisches Beispiel 4	Numerisches Beispiel 5
Ausdruck (1)	0.005	0.326	0.224	0.126	0.037
Ausdruck (2)	0.101	0.591	0.789	0.100	0.237
Ausdruck (3)	0.187	0.103	0.100	0.175	0.170
Ausdruck (4)	0.415×10^{-4}	0.430×10^{-4}	1.557×10^{-4}	0.718×10^{-4}	1.770×10^{-4}
Änderung des Sicht-felds	0.7%	0.7%	2.5%	1.1%	2.8%

[0084] Charakteristiken der dritten Linseneinheit III im jeweiligen Ausführungsbeispiel (numerischen Beispiel) werden zusätzlich nachstehend erklärt.

Bezugnahme auf erstes Ausführungsbeispiel

[0085] Im ersten Ausführungsbeispiel (im numerischen Beispiel 1), das in [Fig. 1](#) gezeigt ist, ist der Wert des Ausdrucks (1) nah an der unteren Grenze. Demgemäß ist die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3a** gering und weist die Linsenuntereinheit **3a** eine relativ geringe Anzahl von Linsenelementen, genauer gesagt vier Linsenelemente auf, die aus positiven, positiven, negativen und positiven Linsenelementen in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen.

[0086] Zusätzlich ist der Wert des Ausdrucks (3) nah an der oberen Grenze. Demgemäß ist die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** hoch und weist die Linsenuntereinheit **3b** drei Linsenelemente auf, die aus negativen, positiven und positiven Linsenelementen in der Reihenfolge von der Objektseite bestehen. Da das Linsenelement, das am nächsten zu der Objektseite positioniert ist, ein negatives Linsenelement ist, wird die Einfallshöhe des auf der Achse liegenden Lichtstrahls an dem negativen Linsenelement vergrößert. Demgemäß wird die chromatische Aberration korrigiert und werden die anderen Aberrationen mit einer geringen Brechkraft verringert und wird das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** verringert.

[0087] Zusätzlich werden die Brechkraften der Linsenuntereinheiten **3b** und **3c** gemäß den Ausdrücken (2) und (4) angemessen eingerichtet und kann daher das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** weitergehend verringert werden und stellt die Linsenuntereinheit **3c** eine angemessene Empfindlichkeit als Einstelleinheit für exzentrische Aberration zur Verfügung. Zusätzlich ist der Änderungsprozentanteil des Sichtfelds gering und wird eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit bereitgestellt.

Bezugnahme auf das zweite Ausführungsbeispiel

[0088] Im zweiten Ausführungsbeispiel (im numerischen Beispiel 2), das in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist der Wert des Ausdrucks (1) nah an der oberen Grenze. Demgemäß ist die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3a** hoch und weist die Linsenuntereinheit **3a** sechs Linsenelemente auf, die aus positiven, negativen, positiven, positiven, negativen und positiven Linsenelementen in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen. Daher können die auf der Achse liegende chromatische Aberration und die sphärische Aberration wirksam verringert werden.

[0089] Die sphärische Aberration an dem Weitwinkelende kann ebenso durch Variieren des Spalts entsprechend d26 in Tabelle 2 bei der Linsenuntereinheit **3a** korrigiert werden.

[0090] Die Linsenuntereinheit **3b** weist drei Linsenelemente auf, die aus negativen, positiven und positiven Linsenelementen in der Reihenfolge von der Objektseite bestehen. Da das Linsenelement, das am nächsten zu der Objektseite positioniert ist, ein negatives Linsenelement ist, wird die chromatische Aberration korrigiert und werden die anderen Aberrationen mit einer geringen Brechkraft verringert. Zusätzlich wird das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** verringert.

[0091] Zusätzlich werden die Brechkraften der Linsenuntereinheiten **3b** und **3c** gemäß den Ausdrücken (2) und (4) angemessen eingerichtet und kann daher das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** weitergehend verringert werden.

werden und stellt die Linsenuntereinheit **3c** eine angemessene Empfindlichkeit als Einstelleinheit für exzentrische Aberration zur Verfügung. Zusätzlich ist der Änderungsprozentanteil des Sichtfelds gering und wird eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit zur Verfügung gestellt.

Bezugnahme auf das dritte Ausführungsbeispiel

[0092] Im dritten Ausführungsbeispiel (im numerischen Beispiel 3), das in [Fig. 3](#) gezeigt ist, weist die Linsenuntereinheit **3a** sechs Linsenelemente auf, die aus positiven, negativen, positiven, positiven, negativen und positiven Linsenelementen in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen. Demgemäß können die auf der Achse liegende chromatische Aberration und die sphärische Aberration wirksam verringert werden.

[0093] Die sphärische Aberration am Weitwinkelende kann ebenso durch Variieren des Spalts entsprechend d26 in Tabelle 3 bei der Linsenuntereinheit **3a** korrigiert werden.

[0094] Zusätzlich ist der Wert des Ausdrucks (3) nah an der unteren Grenze. Demgemäß ist die Brechkraft der Linsenuntereinheit **3b** gering und weist die Linsenuntereinheit **3b** eine relativ geringe Anzahl von Linsenelementen, genauer gesagt zwei Linsenelemente auf, die aus negativen und positiven Linsenelementen in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen.

[0095] Zusätzlich werden die Brechkräfte der Linsenuntereinheiten **3b** und **3c** gemäß den Ausdrücken (2) und (4) angemessen eingerichtet und kann daher das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** weitergehend verringert werden und stellt die Linsenuntereinheit **3c** eine angemessene Empfindlichkeit als Einstelleinheit für exzentrische Aberration zur Verfügung. Zusätzlich ist der Änderungsprozentanteil des Sichtfelds gering und wird eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit zur Verfügung gestellt.

Bezugnahme auf das vierte Ausführungsbeispiel

[0096] Im vierten Ausführungsbeispiel (im numerischen Beispiel 4), das in [Fig. 4](#) gezeigt ist, weist die Linsenuntereinheit **3a** sechs Linsenelemente auf, die aus positiven, positiven, negativen, positiven, negativen und positiven Linsenelementen in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen. Demgemäß können die auf der Achse liegende chromatische Aberration und die sphärische Aberration wirksam verringert werden.

[0097] Die sphärische Aberration am Weitwinkelende kann ebenso durch Variieren des Spalts entsprechend d26 in Tabelle 4 bei der Linsenuntereinheit **3a** korrigiert werden.

[0098] Die Linsenuntereinheit **3b** weist drei Linsenelemente auf, die aus negativen, positiven und positiven Linsenelementen in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen. Da das Linsenelement, das am nächsten zu der Objektseite positioniert ist, ein negatives Linsenelement ist, wird die chromatische Aberration korrigiert und werden die anderen Aberrationen mit einer geringen Brechkraft verringert. Zusätzlich wird das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** verringert.

[0099] Zusätzlich werden die Brechkräfte der Linsenuntereinheiten **3b** und **3c** gemäß den Ausdrücken (2) und (4) angemessen eingerichtet und kann daher das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** weitergehend verringert werden und stellt die Linsenuntereinheit **3c** eine angemessene Empfindlichkeit als Einstelleinheit für exzentrische Aberration zur Verfügung. Zusätzlich ist der Änderungsprozentanteil des Sichtfelds gering und wird eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit zur Verfügung gestellt.

Bezugnahme auf das fünfte Ausführungsbeispiel

[0100] Im fünften Ausführungsbeispiel (im numerischen Beispiel 5), das in [Fig. 5](#) gezeigt ist, weist die Linsenuntereinheit **3a** vier Linsenelemente auf, die aus positiven, positiven, positiven und negativen Linsenelementen in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen.

[0101] Die Linsenuntereinheit **3b** weist drei Linsenelemente auf, die aus negativen, positiven und positiven Linsenelementen in dieser Reihenfolge von der Objektseite bestehen. Da das Linsenelement, das am nächsten an der Objektseite positioniert ist, ein negatives Linsenelement ist, wird die chromatische Aberration korrigiert und werden die anderen Aberrationen mit einer geringen Brechkraft verringert. Zusätzlich wird das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** verringert.

[0102] Zusätzlich werden die Brechkräfte der Linsenuntereinheiten **3b** und **3c** gemäß den Ausdrücken (2) und

(4) angemessen eingerichtet und kann daher das Gewicht der Linsenuntereinheit **3b** weitergehend verringert werden und stellt die Linsenuntereinheit **3c** eine angemessene Empfindlichkeit als Einstelleinheit für exzentrische Aberration zur Verfügung. Zusätzlich ist der Änderungsprozentanteil des Sichtfelds gering und wird eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit zur Verfügung gestellt.

[0103] Wie vorstehend beschrieben ist, weist gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen die dritte Linseneinheit III zur Abbildung, die näher an der Bildebene als die Blende SP positioniert ist, die feststehende Linsenuntereinheit **3a**, die Linsenuntereinheit **3b**, die als Fokussierlinseneinheit funktioniert, und die Linsenuntereinheit **3c** zum Korrigieren der exzentrischen Aberration am Weitwinkelende auf. Durch geeignetes Einrichten der Brechkräfte der Linsenuntereinheiten **3a** bis **3c** wird die Empfindlichkeit bei Hintergliedfokussierung der Linsenuntereinheit **3b** sichergestellt und wird gleichzeitig das Gewicht verringert. Demgemäß wird eine Brennpunkteinstellung mit einer kleinen Antriebskraft und einem kleinen Bewegungsbetrag durchgeführt. Zusätzlich wird die erforderliche Hintergliedfokussierung sichergestellt und werden Variationen der Aberrationen und des Sichtfelds während der Brennpunkteinstellung verringert. Demgemäß wird eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit mit einem einfachen Aufbau zur Verfügung gestellt.

[0104] Die Zoomobjektive gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen werden an Aufnahmeverrichtungen, wie z.B. Fernsehkameras und Videokameras derart eingebracht, dass sie durch andere Objektive austauschbar sind. Ein Aufnahmesystem (Fernsehkamerasystem), das das Zoomobjektiv gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen als optisches Aufnahmesystem verwendet, wird nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 22](#) beschrieben.

[0105] Unter Bezugnahme auf [Fig. 22](#) weist ein Aufnahmesystem **117** ein Zoomobjektiv **101** gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen und eine Kamera **111** auf, die als Aufnahmeverrichtung funktioniert und an der das Zoomobjektiv **101** angebracht ist.

[0106] Das Zoomobjektiv **101** weist eine feststehende Vorderlinseneinheit **102** (eine erste Linseneinheit I), eine Linseneinheit **103** (eine zweite Linseneinheit II) mit einer Variatorlinsenuntereinheit, die sich entlang einer optischen Achse zum Variieren der Vergrößerung bewegt, und einer Kompensatorlinsenuntereinheit, die sich entlang der optischen Achse zum Korrigieren eines Versatzes einer Bildebene während der Variation der Vergrößerung bewegt, eine Blende **104**, eine Fokussierlinseneinheit **105** (eine dritte Linseneinheit III) auf, die sich entlang der optischen Achse zum Fokussieren bewegt.

[0107] Zusätzlich weist das Aufnahmesystem **117** ferner einen Zoommechanismus **109** mit einem Nocken oder Ähnlichem, mit dem ein manueller Zoombetrieb durch mechanisches Steuern der Position der Linseneinheit **103** entlang der optischen Achse während der Variation der Vergrößerung durchgeführt werden kann, und einen Fokussiermechanismus **110** mit einer Stellschraube oder Ähnlichem auf, mit der die Fokussierlinseneinheit **105** entlang der optischen Achse angetrieben wird.

[0108] Die Kamera **111** weist einen Glasblock **106**, der einem optischen Filter oder einem Farbtrennprisma entspricht, eine Abbildungsvorrichtung (einen fotoelektrischen Wandler) **107**, wie z.B. einen CCD-Sensor und einen CMOS-Sensor, der ein Objektbild aufnimmt, das durch das Zoomobjektiv **101** ausgewählt wird, und eine Kamerasteuerung **108**, wie z.B. eine CPU auf, die die Kamera **111** steuert.

[0109] Zusätzlich weist das Aufnahmesystem **117** ferner eine Antriebseinheit **116** auf, die an einer Seite des Zoomobjektivs **101** angebracht ist. Die Antriebseinheit **116** ist mit verschiedenartigen Betätigungsschaltern einschließlich eines Zoomschalters, eines Autofokussier-/Manuellfokussierschalters und eines Blendenschalters versehen und dient als Schnittstelle zwischen dem Zoomobjektiv **101** und dem Kamerabetreiber. Die Antriebseinheit **116** weist ein Zoomstellglied **112**, das den Zoommechanismus **109** antreibt und die Linseneinheit **103** bewegt, um die Vergrößerung zu variieren, ein Stellglied **113**, das die Blende **104** antreibt, ein Fokussierstellglied **114**, wie z.B. einen Schrittmotor, der die Fokussierlinseneinheit **105** elektrisch antreibt, und eine Antriebseinheitssteuerung **115**, wie z.B. eine CPU auf, die die Antriebseinheit **116** steuert.

[0110] Obwohl die Antriebseinheit **116** in [Fig. 22](#) extern an dem Zoomobjektiv **101** angebracht ist, kann die vorliegende Erfindung ebenso auf Zoomobjektive angewendet werden, bei denen die Antriebseinheiten intern angebracht sind.

[0111] Zusätzlich weist gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen das Zoomobjektiv die Linsenuntereinheit **2b** auf, die den Versatz der Bildebene während der Variation der Vergrößerung korrigiert. Jedoch kann die vorliegende Erfindung ebenso auf Drei-Einheiten-Zoomobjektive angewendet werden, bei de-

nen die Linseneinheit II frei von der Linsenuntereinheit **2b** ist und die Fokussierlinseneinheit die Funktion der Linsenuntereinheit **2b** hat.

[0112] Zusätzlich ist, obwohl die Beziehung zwischen den Brechkraften der Linseneinheiten oder der Linsenelemente in den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erklärt ist, die vorstehend beschriebene Beziehung ebenso auf diejenige zwischen den optischen Stärken anwendbar, die äquivalent zu den Brechkraften der optischen Beugelemente sind, die beispielsweise an die Linsenflächen gefügt sind.

[0113] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Teil der positiven optischen Stärke, die durch die zweite Linsenuntereinheit zur Verfügung gestellt wird, die sich für die Brennpunkteinstellung bewegt, durch die dritte Linsenuntereinheit bereitgestellt, die bei der Brennpunkteinstellung feststehend ist. Demgemäß wird das Gewicht der zweiten Linsenuntereinheit verringert, während deren Empfindlichkeit bei Hintergliedfokussierung sichergestellt wird. Daher werden die Antriebskraft und der Bewegungsbetrag der zweiten Linsenuntereinheit für die Brennpunkteinstellung verringert. Als Folge wird ein kleines Zoomobjektiv erhalten, das eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit zur Verfügung stellt.

[0114] Zusätzlich kann die dritte Linsenuntereinheit, die während der Brennpunkteinstellung feststehend ist, ebenso exzentrisch eingerichtet werden, um die Variationen der Aberrationen zu verringern, die durch die Brennpunkteinstellung verursacht werden. Demgemäß wird ein Zoomobjektiv mit Hintergliedfokussierung erhalten, das einen einfachen Aufbau hat und das eine hervorragende optische Leistungsfähigkeit zur Verfügung stellt.

[0115] Zahlreiche offensichtlich im hohen Maße verschiedene Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können ohne Abweichen von deren Anwendungsbereich ausgeführt werden, so dass verständlich ist, dass die Erfindung außer auf das, was in den Ansprüchen definiert ist, nicht auf ihre spezifischen Ausführungsbeispiele beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Objektivvorrichtung mit einer Funktion zum Variieren einer Vergrößerung der Objektivvorrichtung und einer Funktion zum Fokussieren, die in der Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite folgendes aufweist: eine erste Linseneinheit (I), die eine positive Brechkraft hat und die während der Variation der Vergrößerung fixiert ist; eine zweite Linseneinheit (II), die eine negative Brechkraft hat, wobei sie eine Variatorlinsenuntereinheit (**2a**), die sich zum Zwecke des Variierens der Vergrößerung bewegt, und eine Kompensatorlinsenuntereinheit (**2b**) aufweist, die sich zum Zwecke des Korrigierens des Versatzes der Bildebene bewegt, der sich aufgrund der Bewegung des Variators ergibt; und eine dritte Linseneinheit (III), die eine positive Brechkraft hat und die während der Variation der Vergrößerung fixiert ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die dritte Linseneinheit eine erste Linsenuntereinheit (**3a**), die während des Fokussierens fixiert ist, eine zweite Linsenuntereinheit (**3b**), die eine positive Brechkraft hat und die sich während des Fokussierens bewegt, eine dritte Linsenuntereinheit (**3c**), die eine positive Brechkraft hat und die während des Fokussierens fixiert ist, in dieser Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite und einen Einstellmechanismus (**12**) aufweist zum Einstellen des Exzentrizitätszustandes von der dritten Linsenuntereinheit in Bezug auf die optische Achse der gesamten Objektivvorrichtung.

2. Objektivvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Brechkraft von der zweiten Linsenuntereinheit größer als die Brechkraft der dritten Linsenuntereinheit ist.

3. Objektivvorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei wenn die Brennweite von der gesamten Objektivvorrichtung bei einem Weitwinkelende den Wert 1 hat, die folgenden Ausdrücke erfüllt sind:

$$0,1 < \varphi_{3c}/\varphi_{3b} < 0,8$$

$$0,09 < \varphi_{3b} < 0,19$$

wobei φ_{3b} die Brechkraft der zweiten Linsenuntereinheit ist und φ_{3c} die Brechkraft der dritten Linsenuntereinheit ist.

4. Bildaufnahmesystem mit:
der Objektivvorrichtung (**101**) gemäß einem der vorherigen Ansprüche; und
einem Bildaufnahmegerät (**117**), bei dem die Objektivvorrichtung angebracht werden kann.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

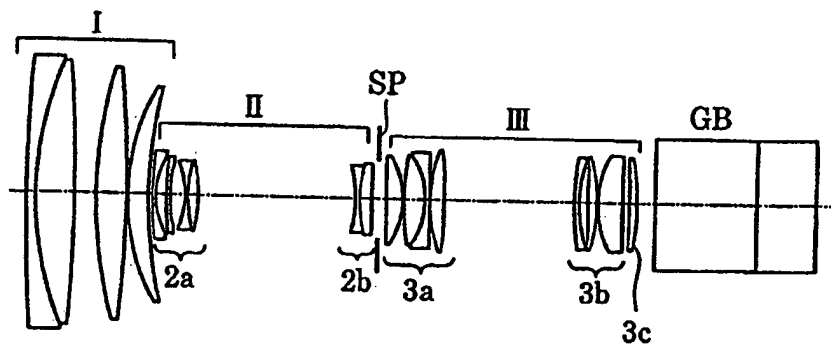


FIG. 2

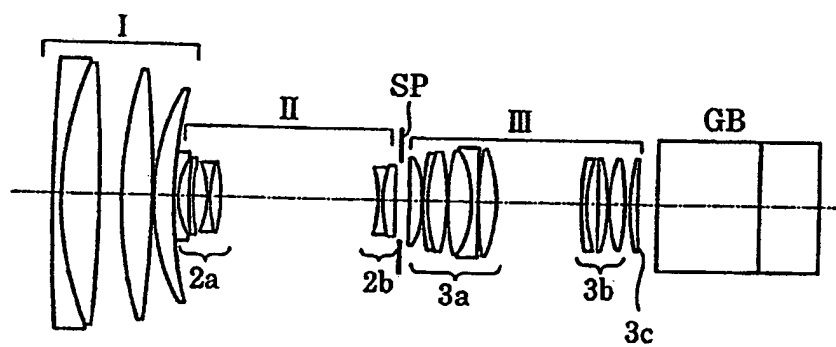


FIG. 3

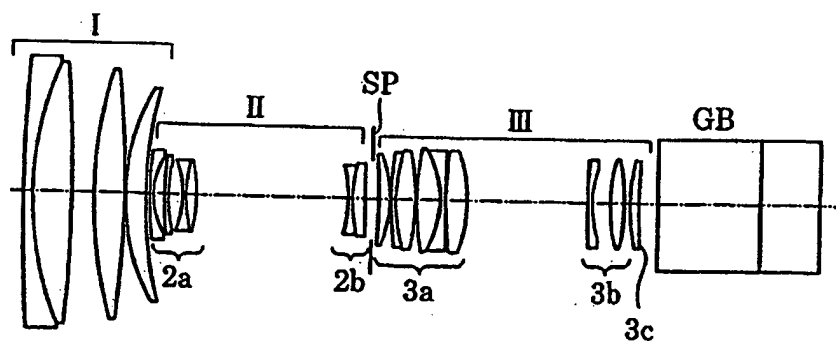


FIG. 4

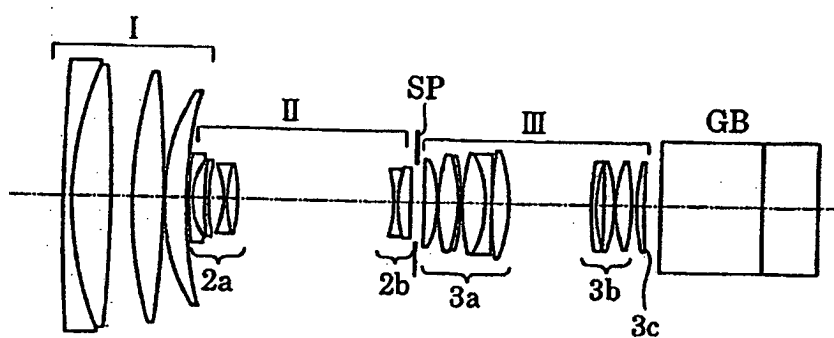


FIG. 5

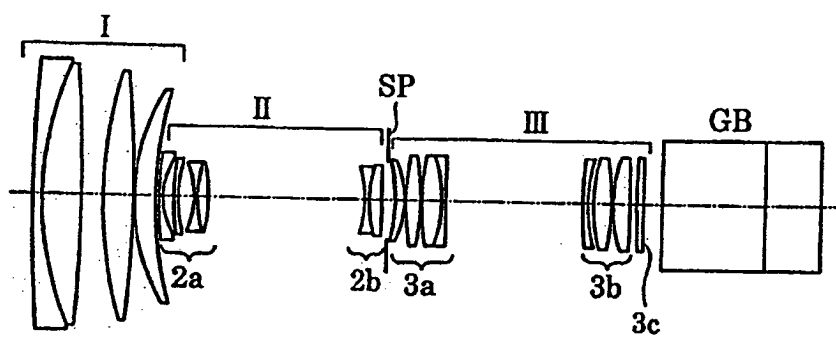


FIG. 6

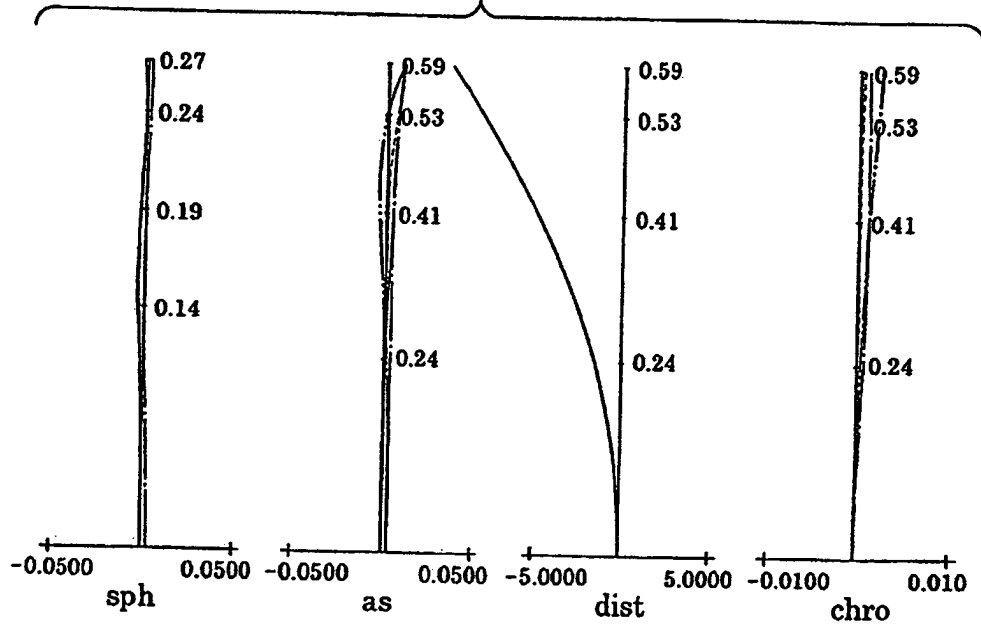


FIG. 7

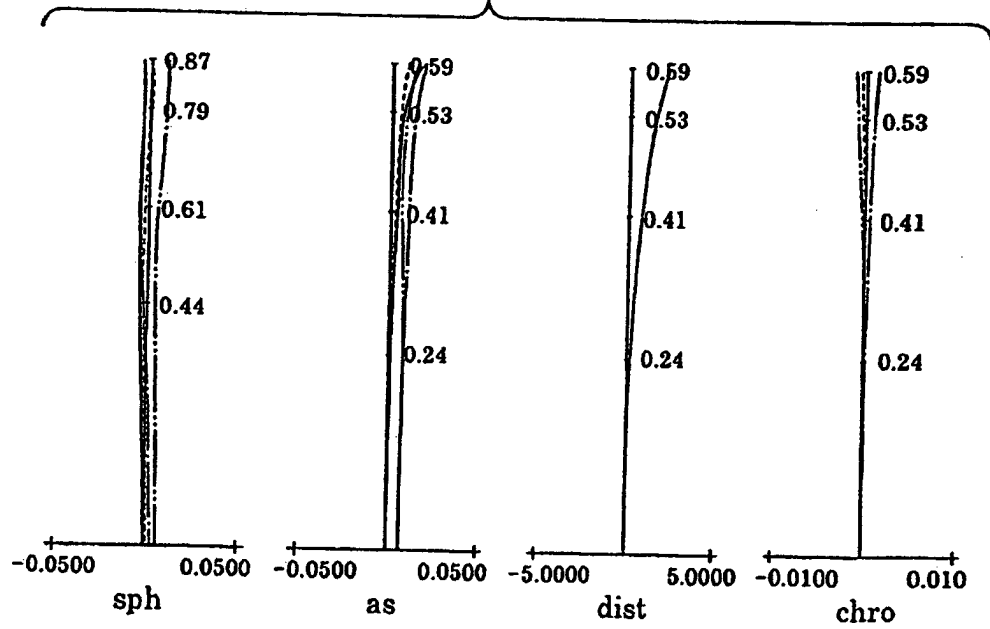


FIG. 8A

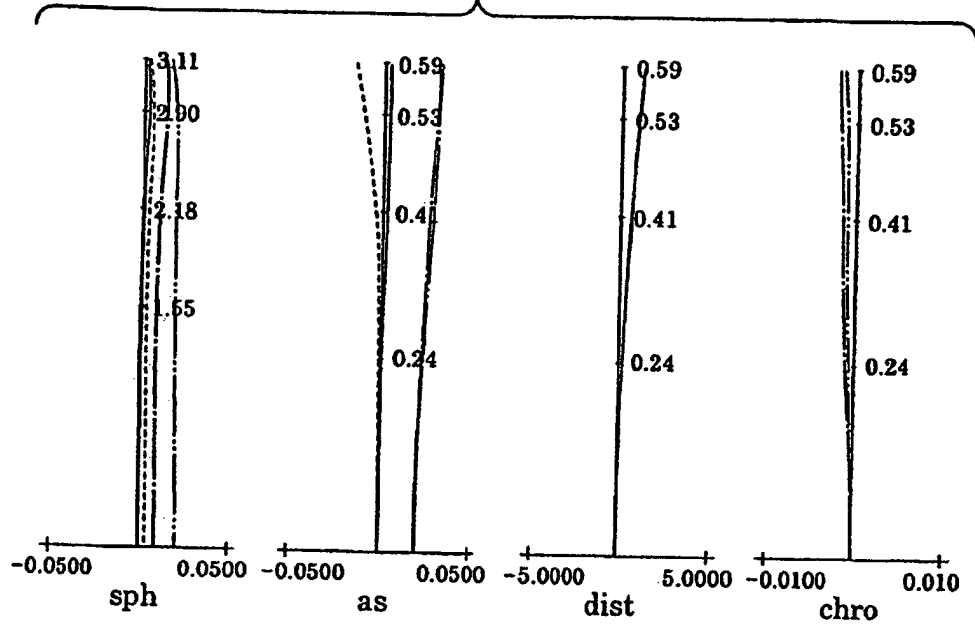


FIG. 8B

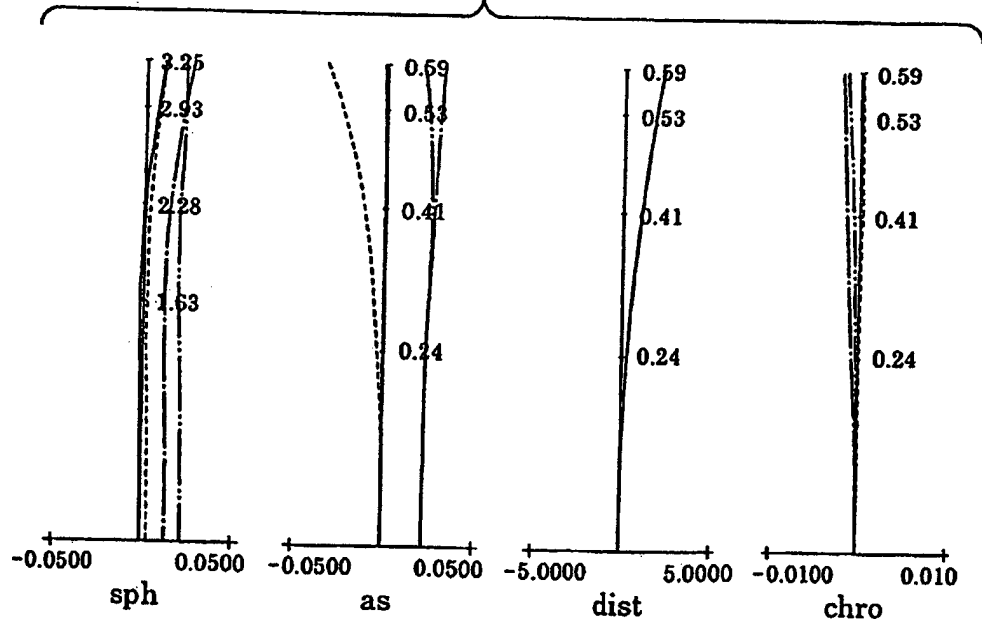


FIG. 8C

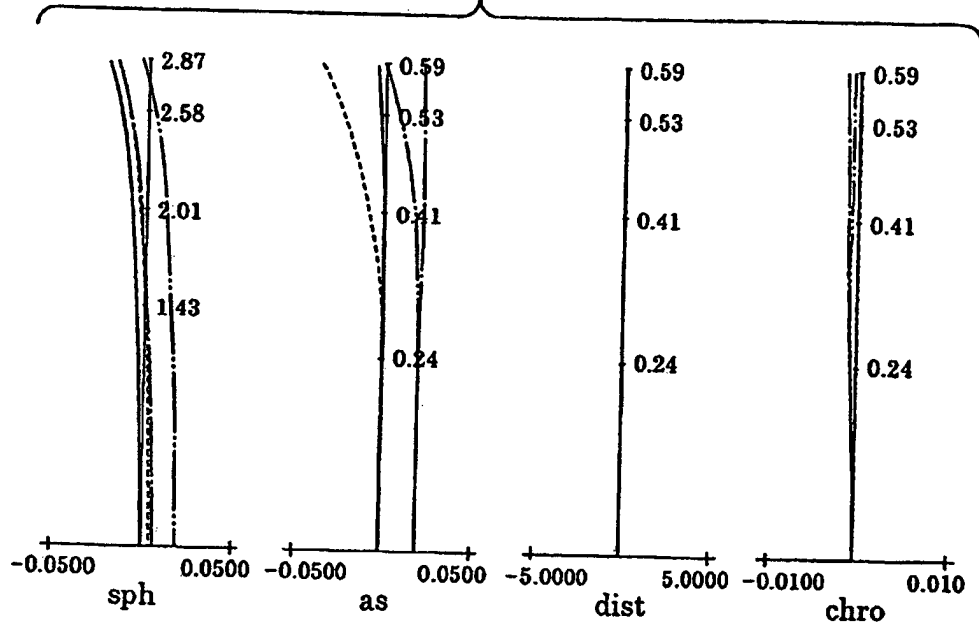


FIG. 9

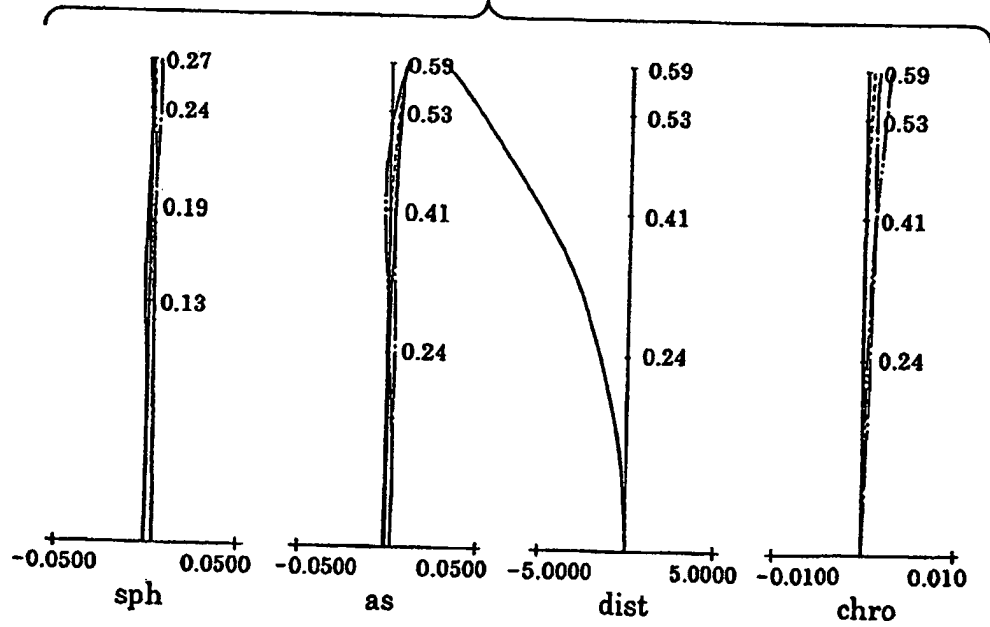


FIG. 10

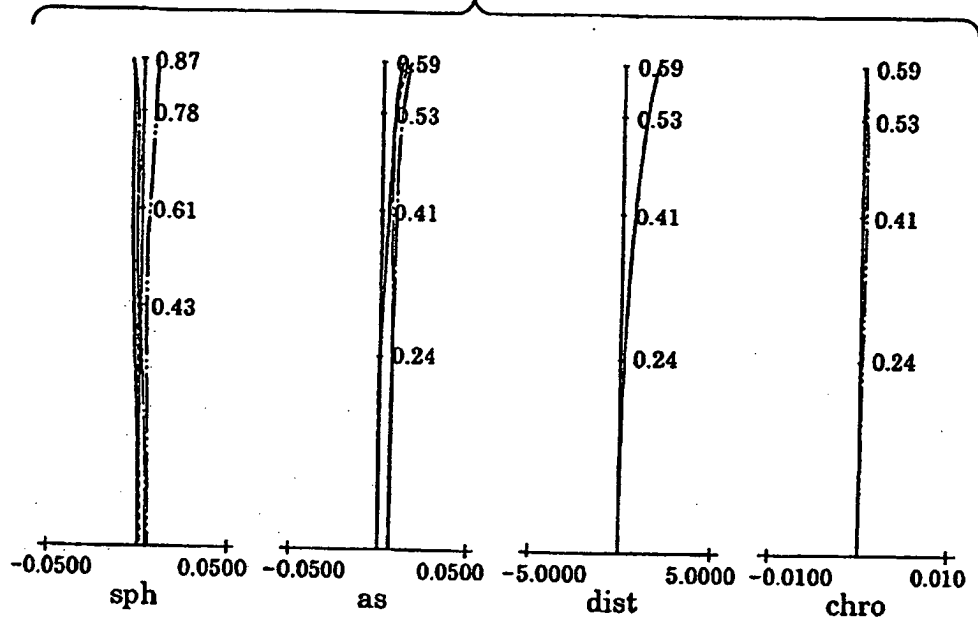


FIG. 11A

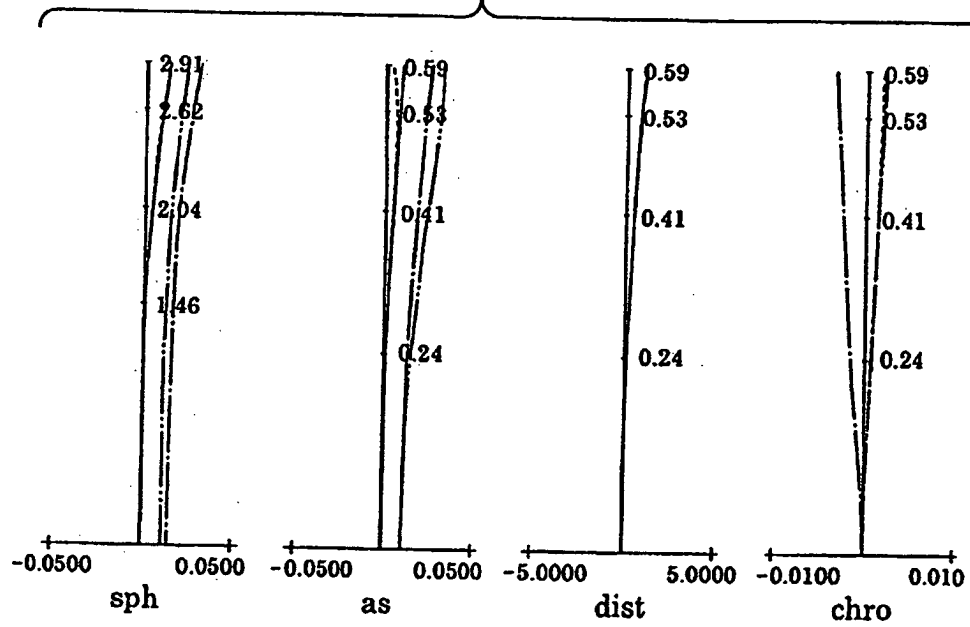


FIG. 11B

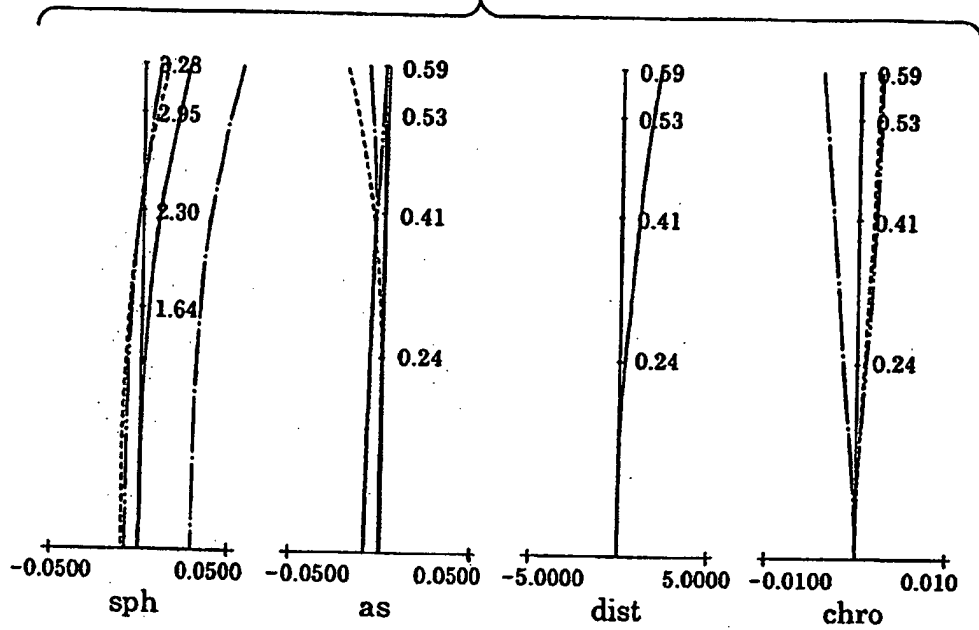


FIG. 11C

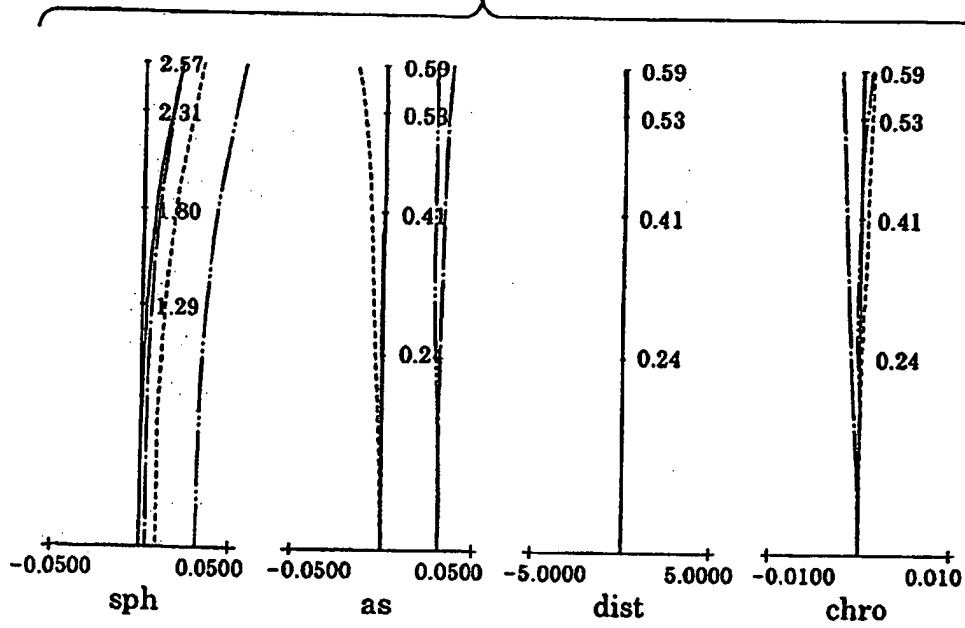


FIG. 12

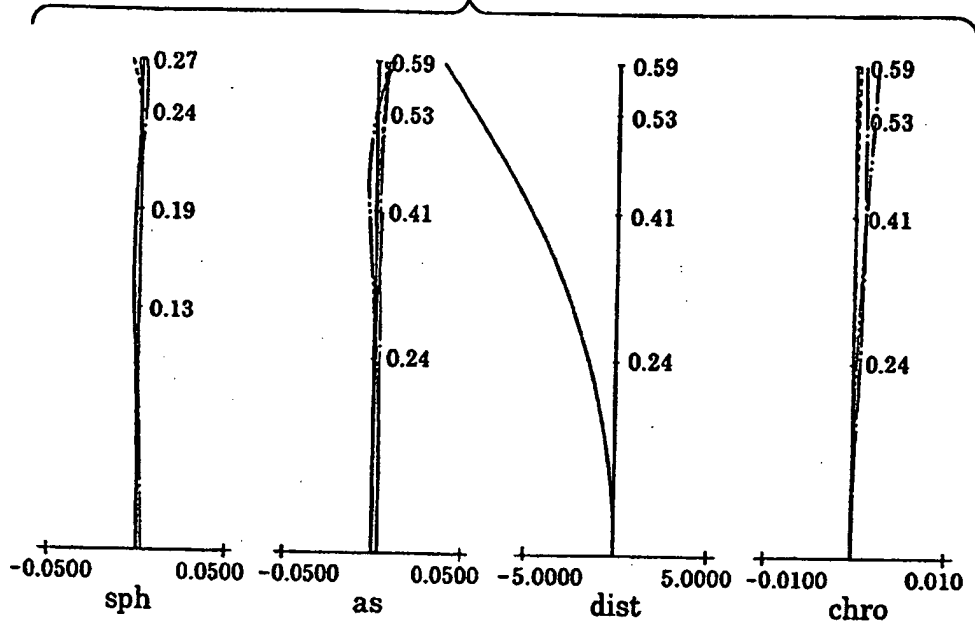


FIG. 13

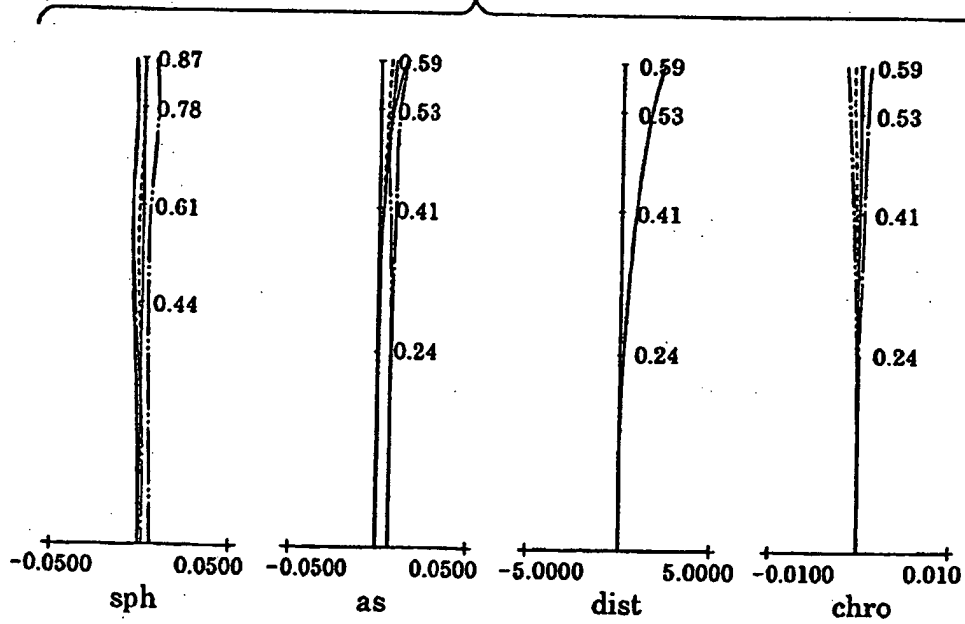


FIG. 14A

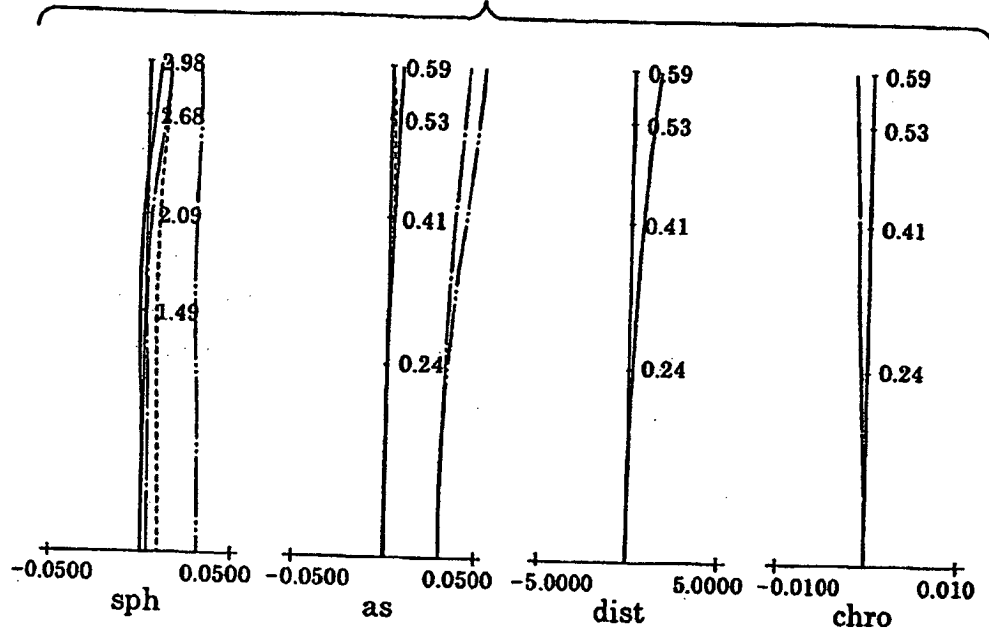


FIG. 14B

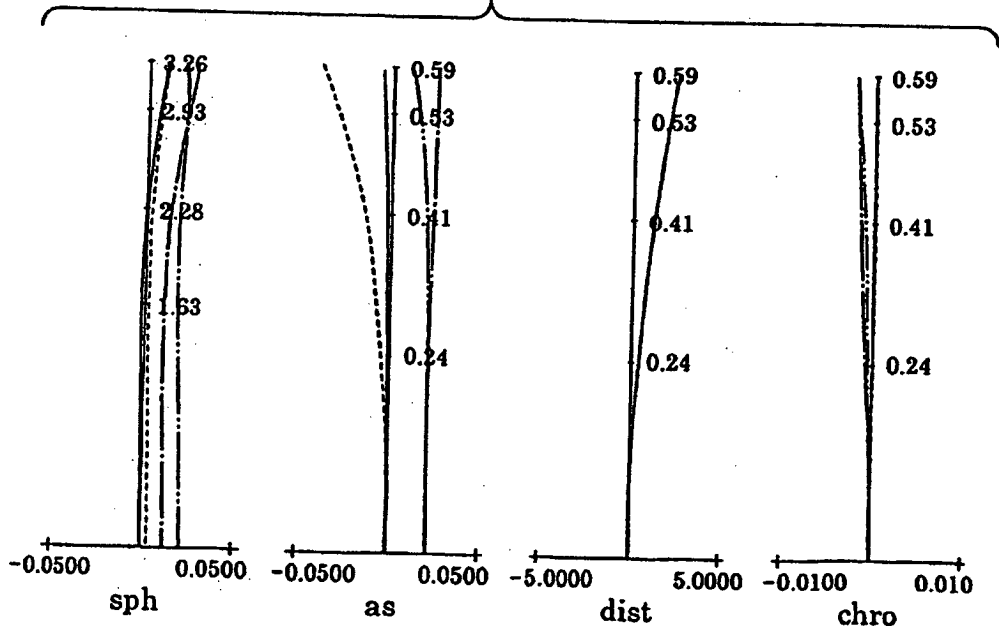


FIG. 14C

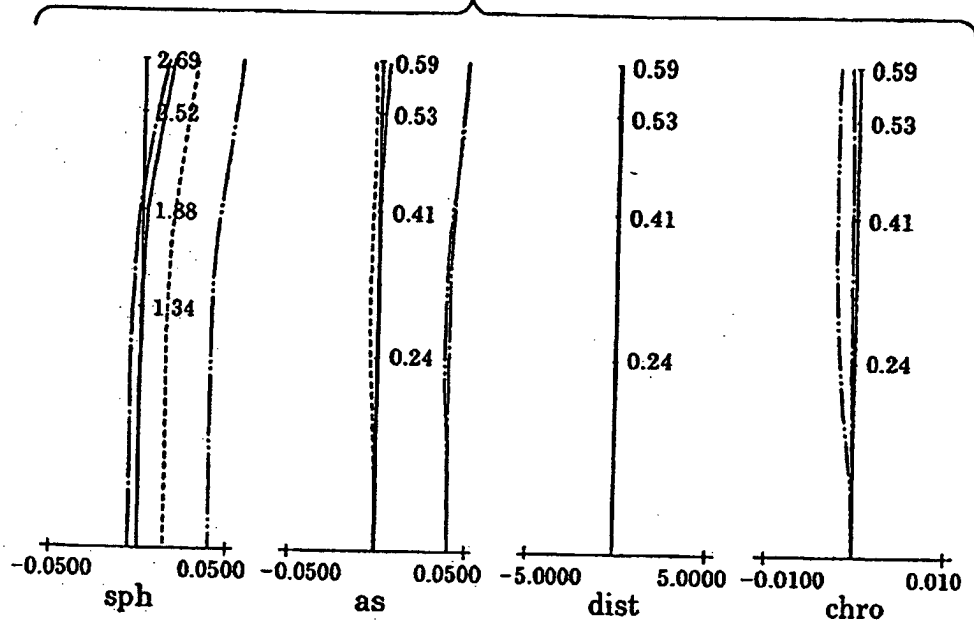


FIG. 15

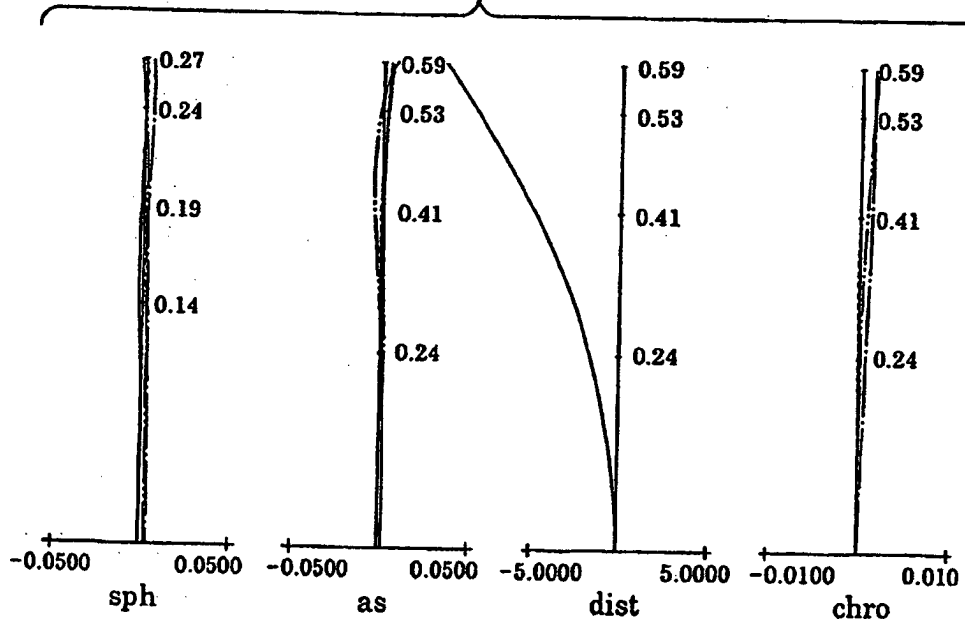


FIG. 16

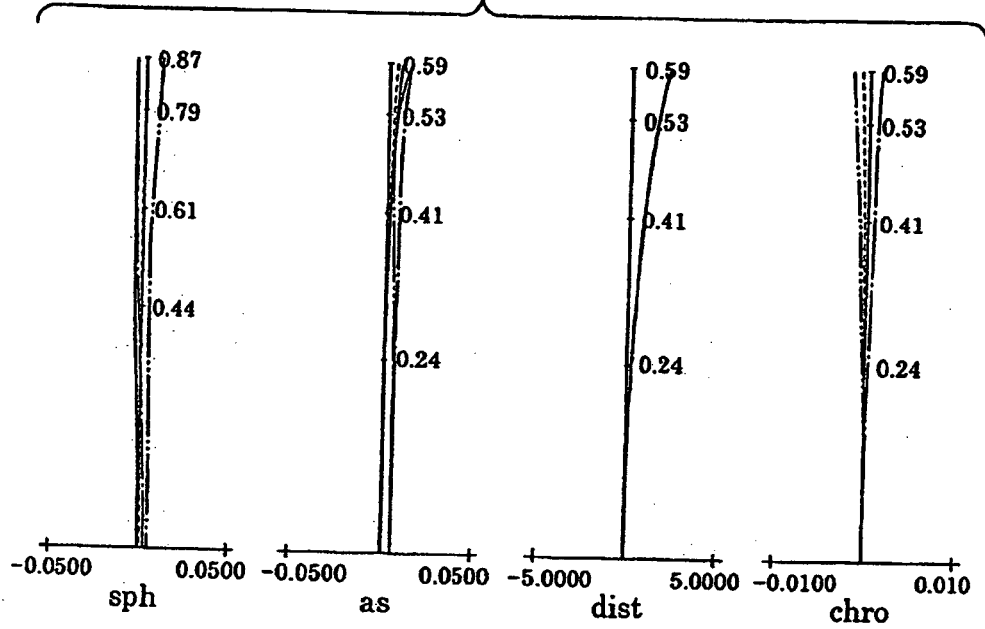


FIG. 17A

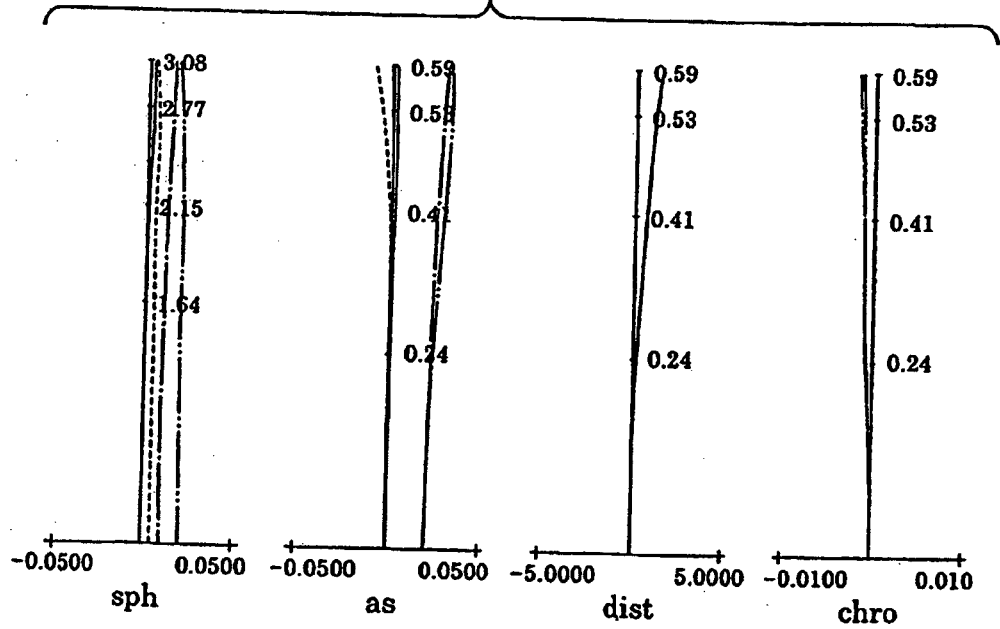


FIG. 17B

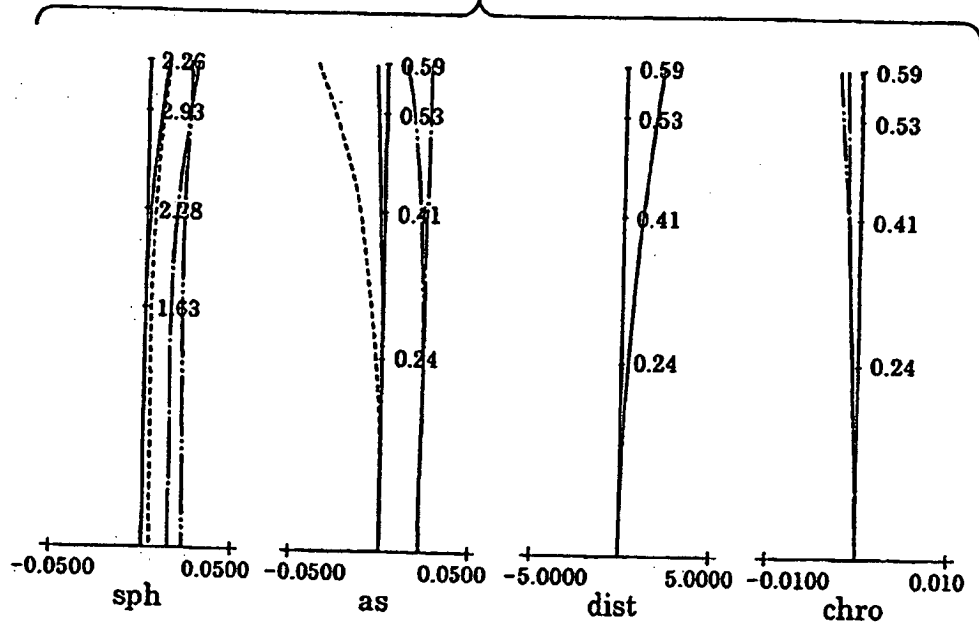


FIG. 17C

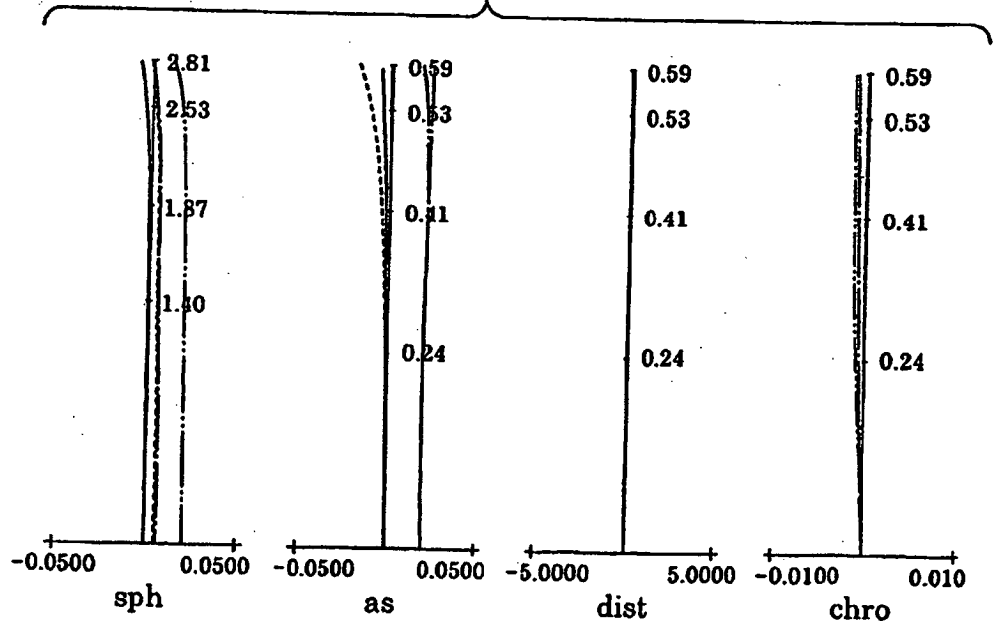


FIG. 18

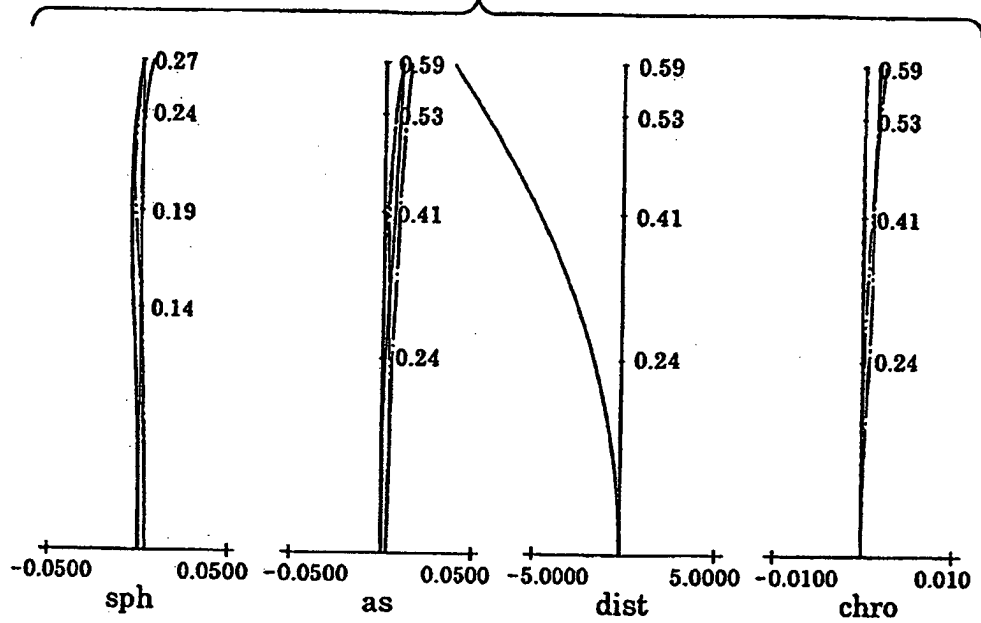


FIG. 19

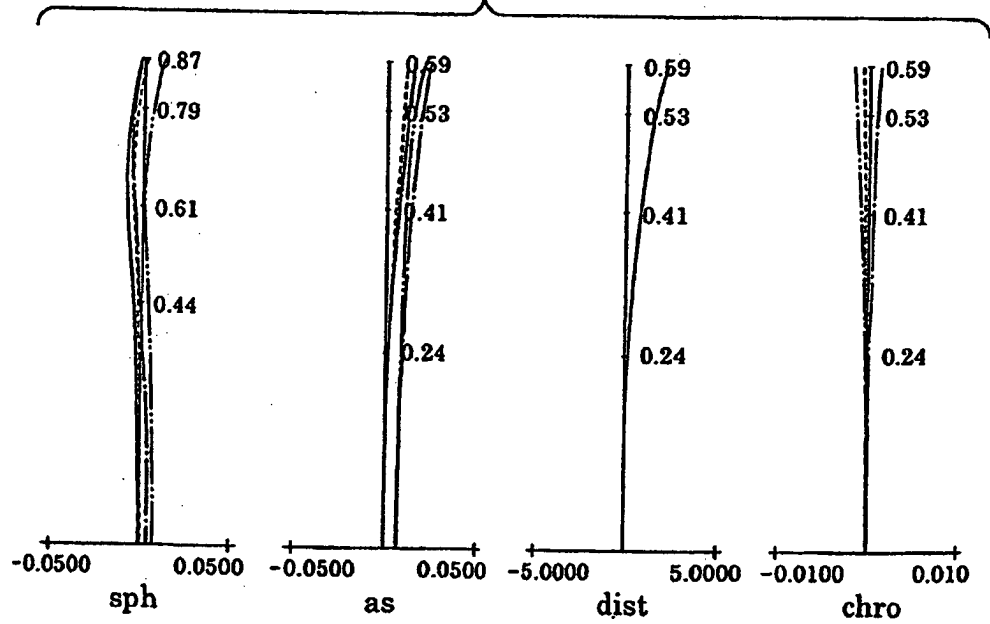


FIG. 20A

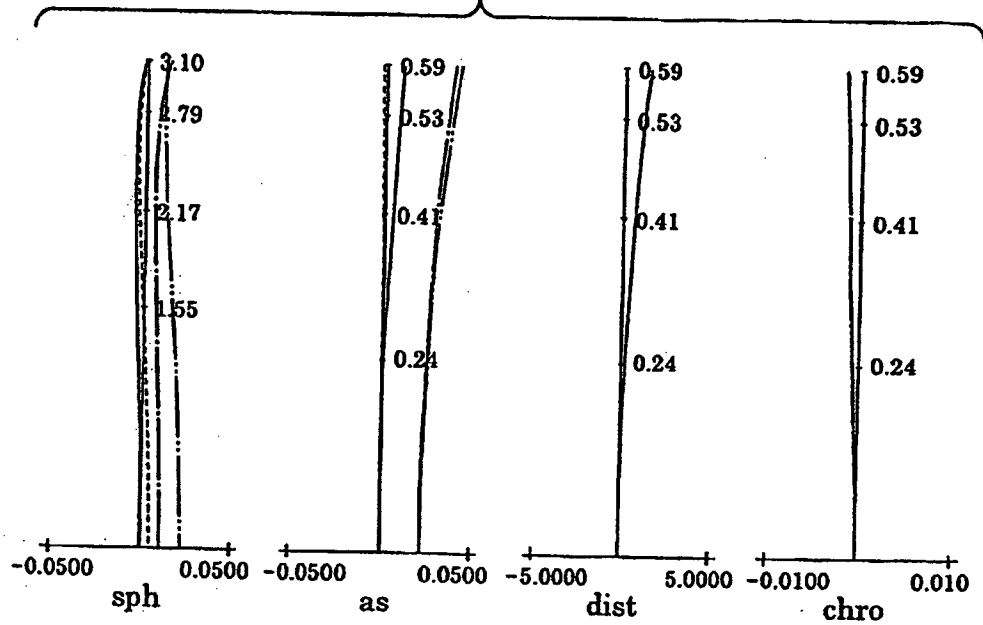


FIG. 20B

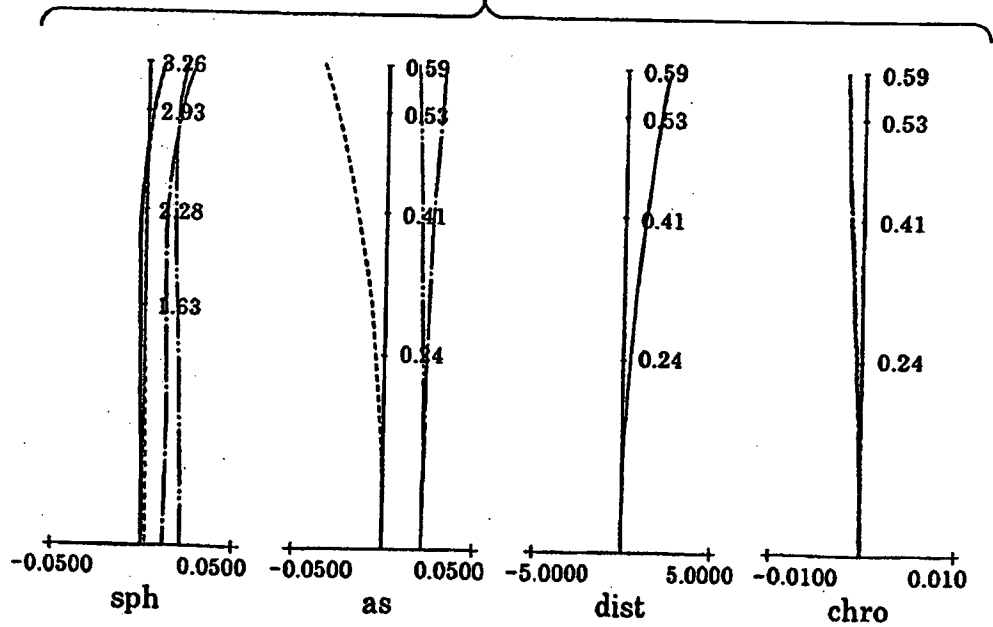


FIG. 20C

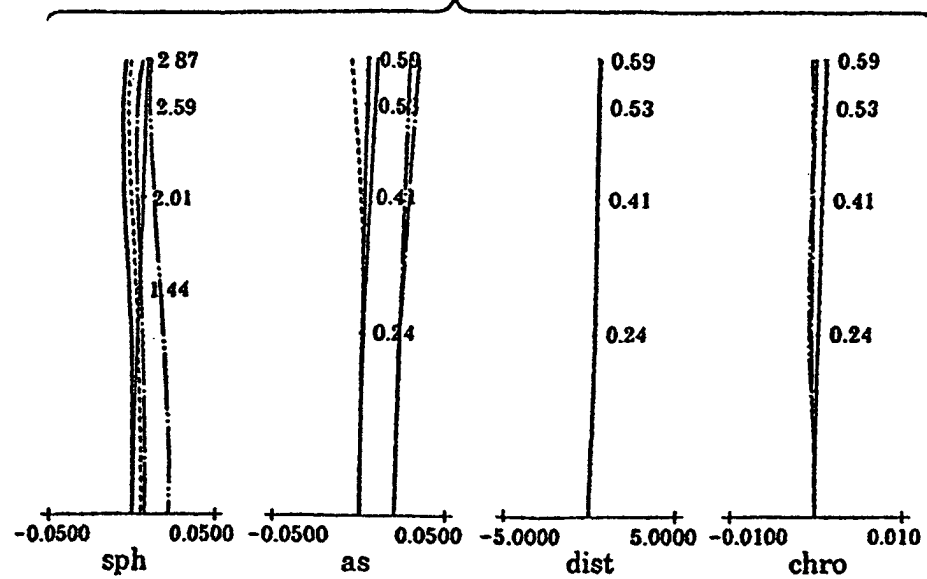


FIG. 21

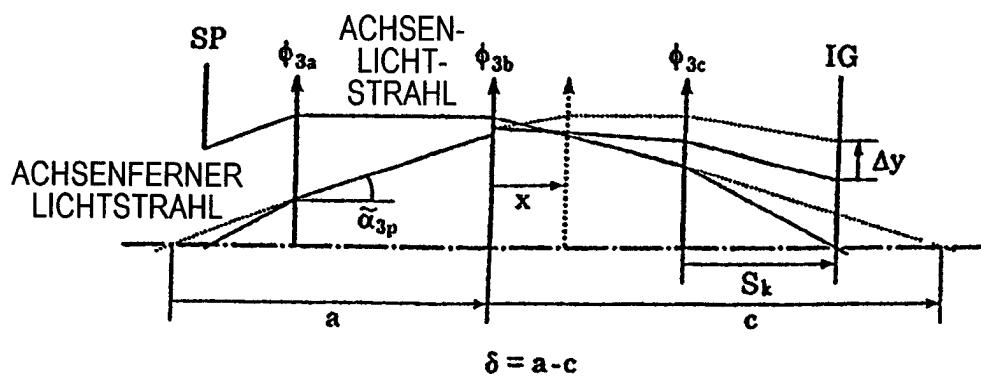


FIG. 22

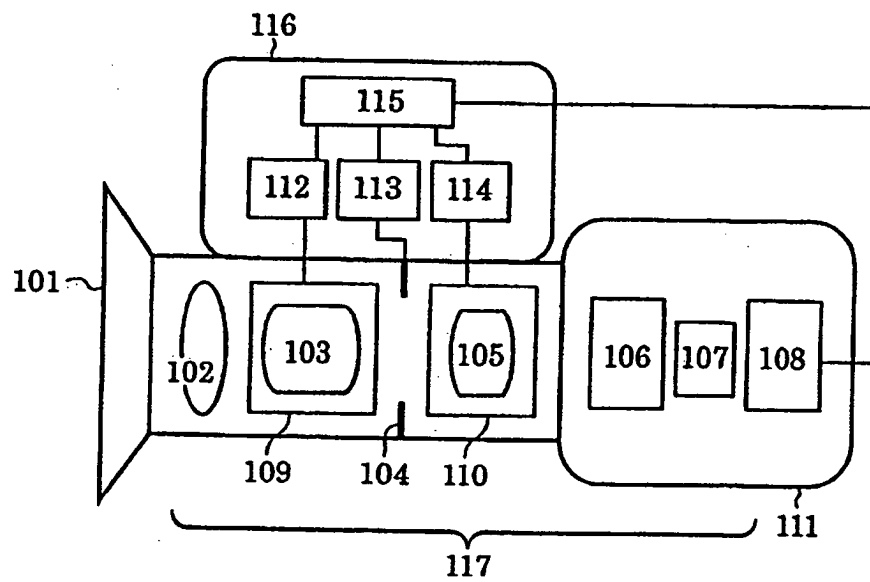


FIG. 23A

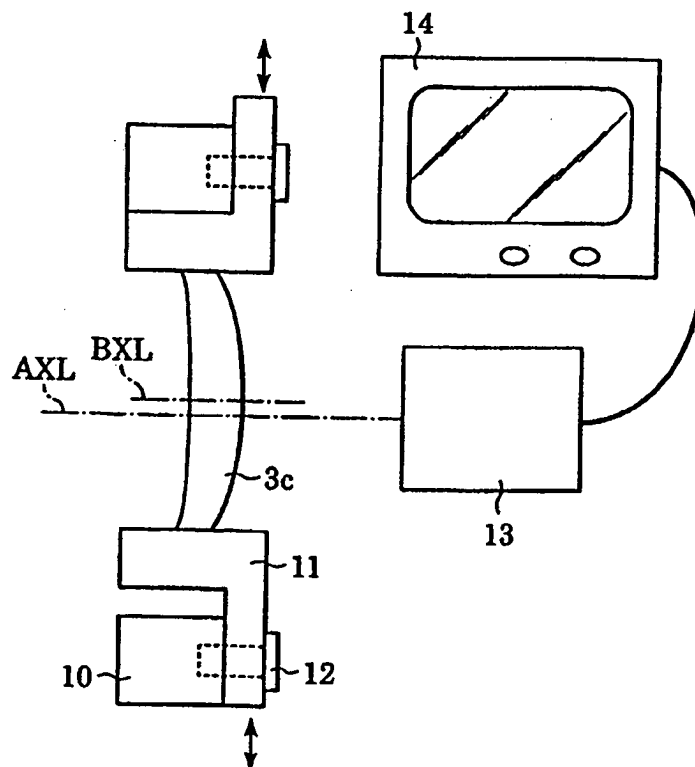


FIG. 23B

