



(10) **DE 10 2014 101 356 B3** 2015.05.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 101 356.5**

(22) Anmeldetag: **04.02.2014**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.05.2015**

(51) Int Cl.: **G02B 13/04** (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

G02B 13/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:
10 2014 100 474.4 16.01.2014

(73) Patentinhaber:
Jos. Schneider Optische Werke GmbH, 55543 Bad Kreuznach, DE

(74) Vertreter:
Fiedler, Ostermann & Schneider, 37073 Göttingen, DE

(72) Erfinder:
**Wang, Lingli, 55543 Bad Kreuznach, DE;
Shyshkin, Ihar, 55543 Bad Kreuznach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

GB	2 354 599	A
US	8 531 785	B2
US	2011 / 0 090 574	A1
US	4 806 003	A

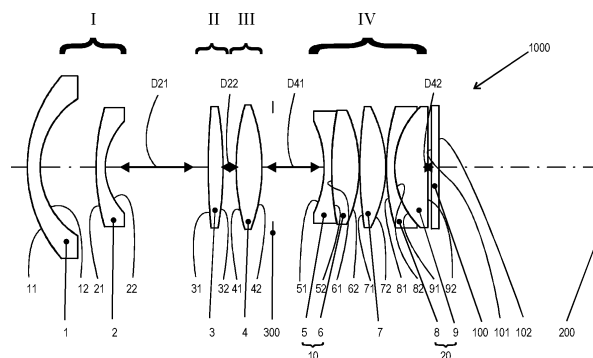
(54) Bezeichnung: **Fotografisches Objektiv**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung umfasst ein fotografisches Objektiv, welches in einer Reihenfolge von seinem objektseitigen zu seinem bildseitigen Ende folgende Elemente aufweist:

- eine erste Linsengruppe (I) negativer Brechkraft, umfassend eine erste Linse (1) und eine zweite Linse (2),
- eine zweite Linsengruppe (II) positiver Brechkraft, umfassend eine dritte Linse (3) positiver Brechkraft,
- eine dritte Linsengruppe (III) positiver Brechkraft, umfassend eine vierte Linse (4) positiver Brechkraft,
- eine Aperturblende (300) und
- eine vierte Linsengruppe (IV) positiver Brechkraft, umfassend ein erstes Kittglied (10) aus einer fünften Linse (5) und einer sechsten Linse (6), eine siebte Linse (7) positiver Brechkraft und ein zweites Kittglied (20) aus einer achten Linse (8) und einer neunten Linse (9),

wobei die erste und die vierte Linsengruppe (I, IV) jeweils eine asphärische Fläche (22, 72; 12, 72; 21, 72) einer ihrer Linsen aufweisen und

entweder die erste Linsengruppe (I) oder die zweite Linsengruppe (II) oder die vierte Linsengruppe (IV) als Fokussiergruppe relativ zu den jeweils übrigen Linsengruppen (II, III, IV; I, III, IV; I, II, III) axial beweglich angeordnet ist.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein fotografisches Objektiv, insbesondere ein Weitwinkelobjektiv zur Verwendung bei Festbrennweiten- oder Wechselobjektiv-Kameras.

Stand der Technik

[0002] Derartige Objektive sind bekannt aus der US 2011/0090574 A1. Diese Druckschrift offenbart ein 25 mm-Objektiv, welches aus vier Linsengruppen mit insgesamt 11 Linsen, die unter anderem 2 Kittglieder bilden, aufgebaut ist. In der ersten und der vierten Linsengruppe weist das bekannte Objektiv je eine asphärische Fläche auf, nämlich die bildseitige Abschlussfläche der Frontgruppe sowie die bildseitige Abschlussfläche des Kittgliedes der vierten Linsengruppe. Das Objektiv weist mit einer geringen Blendenzahl von 1,45, einem Bildwinkel von mehr als 83,5 Grad und geringen Abbildungsfehlern eine sehr gute optische Leistung auf. Allerdings werden zur Fokussierung die dritte und vierte Gruppe, die insgesamt 8 Linsen und die Aperturblende umfassen, gemeinsam axial verschoben. Entsprechend hoch ist das zur Fokussierung zu verschiebende Gewicht, was entweder einen starken (und damit großen und schweren) Stellmotor erfordert oder nur entsprechend langsam bewerkstelligt werden kann. Zudem baut das Objektiv aufgrund der großen Linsenanzahl mit mehr als 127 mm recht lang.

[0003] Aus der GB 2 354 599 A ist Projektionsobjektiv mit zwei Kittgliedern, jeweils bestehend aus einer positiven und einer negativen Linse, bekannt, wobei die Unterschiede in Brechungsindex und Abbe-Zahl zwischen positiver und negativer Linse jedes Kittgliedes und im Dispersionsverhältnis von positiver und negativer Linse des zweiten Kittgliedes genau spezifiziert sind. Des Weiteren besteht das bekannte Projektionsobjektiv aus einer negativen Frontgruppe, einer schwach refraktiven zweiten Linsengruppe, einer Aperturblende und einer positiven Abschlussgruppe, wobei die schwach refraktive Linsengruppe eine asphärische Linsenoberfläche und im Hinblick auf die Brechkraft ihrer Einzellinsen folgende Linsenreihenfolge aufweist: positiv, negativ, positiv oder negativ, positiv, positiv.

[0004] Aus der US 4 806 006 A ist ein 10-linsiges Weitwinkelobjektiv mit zwei Kittgliedern bekannt, umfassend eine Frontgruppe sowie eine zweite und eine dritte Linsengruppe, die gemeinsam, aber mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten relativ zur Frontgruppe axial verschiebbar sind und zwischen denen eine Aperturblende angeordnet ist, wobei die Frontgruppe aus einer negativen Meniskuslinse als Frontlinse, einer Bikonkavlinse und einer Bikonvexlinse, die zweite Linsengruppe aus einer Bikonvexlinse sowie einem ersten Kittglied aus einer Bikonvexlinse und einer Bikonkavlinse und die dritte Linsengruppe aus einem Kittglied aus einer Bikonkavlinse und einer Bikonvexlinse sowie zwei positiven Linsen besteht.

[0005] Aus der US 8 531 785 B2 ist ein Projektionsobjektiv mit lediglich einem Kittglied in seiner Abschlussgruppe bekannt.

Aufgabenstellung

[0006] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Weitwinkelobjektiv mit geringerer Linsenzahl und günstigerer Fokussierung zur Verfügung zu stellen, ohne die Anzahl asphärischer Flächen erhöhen zu müssen.

Darlegung der Erfindung

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein fotografisches Objektiv, welches in einer Reihenfolge von seinem objektseitigen zu seinem bildseitigen Ende folgende Elemente aufweist:

- eine erste Linsengruppe negativer Brechkraft, umfassend eine erste Linse und eine zweite Linse,
- eine zweite Linsengruppe positiver Brechkraft, umfassend eine dritte Linse positiver Brechkraft,
- eine dritte Linsengruppe positiver Brechkraft, umfassend eine vierte Linse positiver Brechkraft,
- eine Aperturblende und
- eine vierte Linsengruppe positiver Brechkraft, umfassend ein erstes Kittglied aus einer fünften Linse und einer sechsten Linse, eine siebte Linse positiver Brechkraft und ein zweites Kittglied aus einer achten Linse und einer neunten Linse,

wobei die erste und die vierte Linsengruppe jeweils eine asphärische Fläche einer ihrer Linsen aufweisen und

entweder die erste Linsengruppe oder die zweite Linsengruppe oder die vierte Linsengruppe als Fokussiergruppe relativ zu den jeweils übrigen Linsengruppen axial beweglich angeordnet ist.

[0008] Durch die vorteilhafte Wahl und Anordnung der Linsen können gegenüber dem oben genannten Stand der Technik zwei Linsen eingespart werden, ohne die Anzahl asphärischer Flächen erhöhen zu müssen. Zudem ergibt sich hinsichtlich der Fokussierung eine große Flexibilität, sodass erfindungsgemäße Objektive je nach konkreter Wahl der Krümmungsradien der einzelnen Elemente mit einer Innenfokussierung ausgebildet werden können, bei der lediglich eine vergleichsweise kleine Linsengruppe, nämlich die zweite oder die vierte Linsengruppe axial bewegt werden, um den Abstand der scharf auf die Bildebene abgebildeten Objektebene einzustellen. Alternativ zur Innenfokussierung kann bei anderen Ausführungsformen der Erfindung auch die erste Linsengruppe, d. h. die Frontlinsengruppe als Fokussiergruppe verwendet werden. In jedem Fall wird die Anzahl der zur Fokussierung zu verschiebenden Linsen gegenüber dem oben genannten Stand der Technik deutlich reduziert, nämlich von 8 auf höchstens 5, vorteilhafterweise auf 2, besonders vorteilhafterweise auf eine Linse.

[0009] Das erste Kittglied, bestehend aus der fünften und der sechsten Linse ist vorteilhafterweise so beschaffen, dass die fünfte Linse negative und die sechste Linse positive Brechkraft aufweist. Insbesondere ist bevorzugt vorgesehen, dass die fünfte Linse als Bikonkavlinse und die sechste Linse als Bikonvexlinse ausgebildet ist.

[0010] Das zweite Kittglied, bestehend aus der achten Linse und der neunten Linse, ist bevorzugt so ausgestaltet, dass die achte Linse negative und die neunte Linse positive Brechkraft aufweist. Insbesondere ist bevorzugt vorgesehen, dass die achte Linse als negative Meniskuslinse, deren objektseitige Fläche einen größeren Radius aufweist als ihre bildseitige Fläche, und die neunte Linse als Plankonvexlinse oder als Bikonvexlinse ausgebildet ist. Als „plan“ seien im vorliegenden Kontext Flächen mit einem betragsmäßigen Krümmungsradius von mehr als 1000 mm, insbesondere mehr als 2000 mm, besonders bevorzugt von mehr als 3000 mm verstanden.

[0011] Günstigerweise ist die erste Linsengruppe, die hier auch als Frontgruppe bezeichnet werden soll, bestehend aus der ersten Linse und der zweiten Linse, so ausgestaltet, dass die erste Linse und die zweite Linse jeweils als eine negative Meniskuslinse, deren objektseitige Fläche einen größeren Radius aufweist als ihr bildseitige Fläche, ausgebildet sind. Dies entspricht der üblichen Gestaltung der Frontgruppe als Retrofokusgruppe, was insbesondere bei Weitwinkelobjektiven zu einer vorteilhaften Vergrößerung der hinteren Schnittweite führt, die zum Einsatz in Spiegelreflexkameras erforderlich ist.

[0012] Die zweite Linsengruppe, die bevorzugt aus einer einzigen Linse, nämlich der dritten Linse besteht, ist günstigerweise so ausgestaltet, dass die dritte Linse als Bikonvexlinse ausgebildet ist. Wird die zweite Linsengruppe als Fokussiergruppe verwendet, stellt dies den im Hinblick auf eine Minimierung der bewegten Masse günstigsten Fall dar.

[0013] Die dritte Linsengruppe, die bevorzugt ebenfalls aus nur einer einzigen Linse, nämlich der vierten Linse, besteht, ist günstigerweise so ausgestaltet, dass die vierte Linse als Bikonvexlinse ausgebildet ist. Bei allen Ausführungsformen der Erfindung ist die dritte Linsengruppe starr relativ zur Bildebene (und zur Aperturblende) fixiert.

[0014] Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Linsenanordnung ist, dass alle Flächen vergleichsweise sanft gekrümmt, d. h. vergleichsweise (betragsmäßig) große Krümmungsradien aufweisen können, was im Hinblick auf die Vermeidung von Abbildungsfehlern besonders günstig ist. Insbesondere ist bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass keine Fläche der Linsen der zweiten, dritten und vierten Linsengruppe einen betragsmäßigen Krümmungsradius von weniger als 22 mm, insbesondere von weniger als 25 mm aufweist.

[0015] Die Krümmungsradien der Frontgruppe sind naturgemäß etwas geringer. Jedoch kann auch die Frontgruppe, wie bevorzugt vorgesehen, so ausgestaltet sein, dass keine der Flächen ihrer Linsen einen betragsmäßigen Krümmungsradius von weniger als 15 mm, insbesondere von weniger als 23 mm aufweist.

[0016] Unter anderem durch diese sanfte Formgebung ist es möglich, die beiden Linsen mit den nicht zu vermeidenden asphärischen Flächen in einem Spritzgussverfahren aus Kunststoff herzustellen, was hinsichtlich der Herstellungskosten von besonderem Vorteil ist.

[0017] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden speziellen Beschreibung und den Zeichnungen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0018] Es zeigen:

[0019] **Fig. 1:** einen beispielhaften Linsenschnitt einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Objektivs,

[0020] **Fig. 2:** eine grafische Darstellung der Fehler (a: sphärische Aberration, b: Astigmatismus, c: Verzeichnung) in einer Realisierung eines Objektivs gemäß der Ausführungsform von **Fig. 1** bei Fokuseinstellung auf unendlich,

[0021] **Fig. 3:** eine grafische Darstellung der Fehler (a: sphärische Aberration, b: Astigmatismus, c: Verzeichnung) in einer Realisierung eines Objektivs gemäß der Ausführungsform von **Fig. 1** bei Fokuseinstellung auf minimalen Objektstand,

[0022] **Fig. 4:** einen beispielhaften Linsenschnitt einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Objektivs,

[0023] **Fig. 5:** eine grafische Darstellung der Fehler (a: sphärische Aberration, b: Astigmatismus, c: Verzeichnung) in einer Realisierung eines Objektivs gemäß der Ausführungsform von **Fig. 4** bei Fokuseinstellung auf unendlich,

[0024] **Fig. 6:** eine grafische Darstellung der Fehler (a: sphärische Aberration, b: Astigmatismus, c: Verzeichnung) in einer Realisierung eines Objektivs gemäß der Ausführungsform von **Fig. 4** bei Fokuseinstellung auf minimalen Objektstand.

Ausführliche Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

[0025] **Fig. 1** zeigt den Linsenschnitt einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Objektivs. Das Objektiv weist vier Linsengruppen auf, nämlich eine Frontgruppe oder erste Linsengruppe **I**, eine zweite Linsengruppe **II**, eine dritte Linsengruppe **III** und eine vierte Linsengruppe **IV**. Die Frontgruppe **I** besteht aus zwei Einzellinsen, nämlich einer ersten Linse **1** mit einer objektseitigen Oberfläche **11** und einer bildseitigen Oberfläche **12** sowie einer zweiten Linse **2** mit einer objektseitigen Oberfläche **21** und einer bildseitigen Oberfläche **22**. Beide Linsen **1**, **2** sind als negative Meniskuslinsen ausgebildet, deren konvexe Flächen **11**, **21** objektseitig ausgerichtet sind.

[0026] Die zweite Linsengruppe **II** besteht aus einer dritten Linse **3** mit objektseitiger Oberfläche **31** und bildseitiger Oberfläche **32**, die als bikonvexe Einzellinse ausgebildet ist.

[0027] Die dritte Linsengruppe **III** besteht aus einer vierten Linse **4** mit objektseitiger Oberfläche **41** und bildseitiger Oberfläche **42**, die ebenfalls als bikonvexe Einzellinse ausgebildet ist.

[0028] Die vierte Linsengruppe **IV** umfasst ein erstes Kittglied **10**, welches aus einer fünften Linse **5** mit objektseitiger Oberfläche **51** und bildseitiger Oberfläche **52** sowie einer sechsten Linse **6** mit objektseitiger Oberfläche **61** und bildseitiger Oberfläche **62** zusammengesetzt ist. Die fünfte Linse **5** ist dabei als Bikonkavlinse ausgebildet; die sechste Linse **6** ist als Bikonvexlinse ausgebildet. Die bildseitige Fläche **52** der fünften Linse **5** und die objektseitige Fläche **61** der sechsten Linse **6** weisen betragsmäßig denselben Krümmungsradius auf und sind miteinander verkittet. Bildseitig des ersten Kittgliedes **10** ist innerhalb der vierten Linsengruppe **IV** eine siebte Linse **7** mit objektseitiger Oberfläche **71** und bildseitiger Oberfläche **72** als bikonvexe Einzellinse angeordnet. Die objektseitige Fläche **71** der siebten Linse **7** weist einen betragsmäßig größeren Krümmungsradius auf als ihre bildseitige Fläche **72**. Bildseitig der siebten Linse **7** ist innerhalb der vierten Linsengruppe **IV** ein zweites Kittglied **20** angeordnet. Es besteht aus einer achten Linse **8** mit objektseitiger Oberfläche **81** und bildseitiger Oberfläche **82** sowie einer neunten Linse **9** mit objektseitiger Oberfläche **91** und bildseitiger Oberfläche **92**. Die achte Linse **8** ist als negative Meniskuslinse ausgebildet, deren konvexe Fläche **81** objektseitig ausgerichtet ist. Die neunte Linse **9** ist als Plankonvexlinse ausgebildet, deren plane Fläche **92** bildseitig ausgerichtet ist. Die bildseitige Fläche **82** der achten Linse **8** und die objektseitige Fläche **91** der neunten Linse **9** weisen betragsmäßig den gleichen Krümmungsradius auf und sind miteinander verkittet.

[0029] Bildseitig der vierten Linsengruppe **IV** ist bei der gezeigten Ausführungsform noch eine planparallele Abschlussscheibe **100** mit objektseitiger Fläche **101** und bildseitiger Fläche **102** angeordnet, die jedoch für die vorliegende Erfindung nicht von wesentlicher Bedeutung ist. Sie schließt das Objektiv **1000** ab und definiert seine hintere Schnittweite, d. h. seinen Abstand zur Bildebene **200**.

[0030] Zwischen der dritten Linsengruppe **III** und der vierten Linsengruppe **IV** ist eine Aperturblende **300** angeordnet.

[0031] In **Fig. 1** sind noch zwei Abstandspaare eingezeichnet, nämlich ein auf die zweite Linsengruppe **II** bezogenes Abstandspaar und ein auf die vierte Linsengruppe **IV** bezogenes Abstandspaar. Insbesondere ist der objektseitige Abstand der zweiten Linsengruppe **II** zum nächstbenachbarten Element, d. h. der bildseitigen Fläche **22** der zweiten Linse **2** mit dem Bezugszeichen D21 und ihr bildseitiger Abstand zum nächstbenachbarten Element, d. h. zur objektseitigen Fläche **41** der vierten Linse **4** mit dem Bezugszeichen D22 bezeichnet. Analog ist der objektseitige Abstand der vierten Linsengruppe **IV** zum nächstbenachbarten Element, d. h. zur Aperturblende **300** mit dem Bezugszeichen D41 und ihr bildseitiger Abstand zum nächstbenachbarten Element, d. h. zur Abschlussscheibe **100** mit den Bezugszeichen D42 bezeichnet.

[0032] In den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 sind zwei konkrete Ausführungsbeispiele für Objektive mit einem Linsenschnitt gemäß **Fig. 1** hinsichtlich der Krümmungsradien r ihrer Flächen, deren Abstände D zum bildseitig jeweils nächstbenachbarten Element, der Brechungsindizes n der jeweiligen Linsen sowie deren Abbe-Zahl v offenbart. In beiden in den Tabellen 1 und 2 offenbarten Ausführungsformen sind die mit „*“ gekennzeichneten Flächen, nämlich die bildseitige Fläche **22** der zweiten Linse **2** sowie die bildseitige Fläche **72** der siebten Linse **7**, asphärisch ausgestaltet und weisen die Asphärenkoeffizienten K , A , B , C gemäß der Tabelle auf. Weiter finden sich in den Tabellen jeweils Angaben für die Brennweite f , die Blendenzahl F , den Bildwinkel α , den Abbildungsmaßstab β , die Bildhöhe y und die Gesamtlänge L des Objektivs **100** jeweils für den Fall einer Fokuseinstellung auf „unendlich“ und auf den minimalen Objektabschab zwischen der Frontlinse **1** und einem scharf abbildbaren Objekt, der in beiden in den Tabellen 1 und 2 dargestellten Fällen 500 mm beträgt.

[0033] Bei der Ausführungsform der Tabelle 1 dient die zweite Linsengruppe **II** als Fokussiergruppe und ist gegenüber den übrigen Linsengruppen axial verschieblich angeordnet. Entsprechend verändern sich die objekt- und bildseitigen Abstände D21 und D22 der zweiten Linsengruppe **II** zu ihren jeweils benachbarten Elementen mit der Fokuseinstellung, wobei die konkreten Abstände ebenfalls aus Tabelle 1 ersichtlich sind.

[0034] Im Gegensatz dazu dient bei der Ausführungsform der Tabelle 2 die vierte Linsengruppe als Fokussiergruppe und ist relativ zu den übrigen Linsengruppen axial verschieblich angeordnet. Entsprechend sind hier die Abstände D41 und D42 veränderlich.

Tabelle 1:

Flächendaten

	Fläche	r [mm]	D [mm]	n	v
11		37,19	3,5	1,607	56,65
12		21,93	15,14		
21		56,32	2,5	1,583	59,39
22*		15,91	D21 ∞: 27,96; 500: 29,25		
31		177,2	4,0	1,613	36,99
32		-100,1	D22 ∞: 3,50; 500: 2,21		
41		59,78	7,0	1,517	64,16
42		-48,46	3,0		
300		∞	13,91		
51		-28,61	2,0	1,834	37,29
52, 61		81,63	7,5	1,787	70,40
62		-36,68	0,2		
71		111,9	7,0	1,517	64,16
72*		-32,37	0,2		
81		55,69	2,2	1,834	37,29
82, 91		22,52	9,0	1,517	64,16
92		-3150,6	1,0		
101		∞	2,0	1,517	64,16
102		∞	43,43		
200		∞			

Asphärendaten

	Fläche	K	A	B	C
22*		-1,9536	$0,4182 \times 10^{-4}$	$-0,3543 \times 10^{-7}$	
72*			$0,4085 \times 10^{-5}$	$0,4035 \times 10^{-8}$	$-0,8075 \times 10^{-11}$

sonstige Daten

	Fokus	f [mm]	F	α [°]	β	y [mm]	L [mm]
∞		25,75	2,10	80,0	0	21,6	111,6
500 mm		25,24	2,07	80,3	-0,048	21,6	111,6

Tabelle 2:

Flächendaten

Fläche	r [mm]	D [mm]	n	v
11	35,36	3,5	1,607	56,65
12	19,96	15,14		
21	51,96	2,5	1,583	59,39
22*	15,52	22,14		
31	109,7	5,0	1,613	36,99
32	-114,3	3,5		
41	169,7	6,0	1,517	64,16
42	-42,65	8,43		
300	∞	D41 ∞ : 13,0; 500: 11,52		
51	-32,81	2,0	1,834	37,29
52, 61	115,3	7,5	1,487	70,40
62	-33,73	0,2		
71	63,03	7,0	1,517	64,16
72*	-38,67	0,2		
81	61,82	2,2	1,834	37,29
82, 91	22,72	9,0	1,517	64,16
92	-1202,2	D42 ∞ : 1,0; 500: 2,48		
101	∞	2,0	1,517	64,16
102	∞	44,44		
200	∞			

Asphärendaten

Fläche	K	A	B	C
22*	-1,9666	$0,4427 \times 10^{-4}$	$-0,6195 \times 10^{-7}$	
72*		$0,4545 \times 10^{-5}$	$-0,5456 \times 10^{-9}$	$-0,8115 \times 10^{-12}$

sonstige Daten

Fokus	f [mm]	F	α [°]	β	y [mm]	L [mm]
∞	25,42	2,10	80,7	0	21,6	110,3
500 mm	25,21	2,07	80,3	-0,048	21,6	110,3

[0035] Die Fig. 2 und Fig. 3 zeigen in einfacher grafischer Darstellung jeweils die sphärische Aberration (Teilfigur a), den Astigmatismus (Teilfigur b) und die Verzeichnung (Teilfigur c) für ein Objektiv gemäß Tabelle 1 in den beiden Endstellungen der Fokussierung, d. h. für Fokuseinstellung „unendlich“ (Fig. 2) und Fokuseinstellung auf den minimalen Objektabstand (Fig. 3). Die einzelnen Graphen in den Figuren bezeichnen die d-, c- und g-Linie der Fraunhofer Linien bzw. den Fehler in der Sagittal- bzw. Meridionalebene.

[0036] Fig. 4 zeigt einen Linsenschnitt durch ein Objektiv **2000**, welches sich von dem Objektiv **1000** der Fig. 1 im Wesentlichen nur durch die Gestaltung der neunten Linse als Bikonvex- statt als Plankonvexlinse unterscheidet. Im Übrigen kann auf die obige Erläuterung zu Fig. 1 sowie die dort gleichermaßen verwendeten Bezugszeichen verwiesen werden.

[0037] Die Tabellen 3, 4 und 5 offenbaren konkrete Werte für drei unterschiedliche Realsierungen, wobei analog auf die Erläuterungen zu Tabellen 1 und 2 verwiesen werden kann. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der minimale Objektabstand für eine scharfe Abbildung hier bei 400 mm liegt. Auch die Wahl der asphärischen Flächen unterscheidet sich teilweise von den Ausführungsformen der Tabellen 1 und 2. Auch in den Tabellen 3 bis 5 sind die asphärischen Flächen jeweils durch „*“ gekennzeichnet.

[0038] Bei den Ausführungsformen der Tabellen 3 und 4 wird, wie bei der Ausführungsform der Tabelle 1 die zweite Linsengruppe **II** als Fokussiergruppe verwendet. Bei der Ausführungsform gemäß Tabelle 5 ist hingegen keine eigentliche Innenfokussierung realisiert. Hier dient die Frontgruppe **I** als Fokussiergruppe, die relativ zu den übrigen Linsengruppen axial verschieblich gelagert ist. Entsprechend ändert sich bei dieser Ausführungsform im Rahmen der Fokussierung lediglich der Abstand **D21**, der im Hinblick auf eine Konsistenz der Nomenklatur hier korrekterweise als **D12** bezeichnet werden sollte. Man beachte, dass sich im Gegensatz zu den Beispielen mit echter Innenfokussierung hier im Rahmen der Fokussierung eine Änderung der Gesamtlänge des Objektivs, d. h. zwischen der Frontfläche **11** und der Bildebene **200** bzw. der Abstützplatte **100** ändert. Die konkreten Beträge sind aus Tabelle 5 ersichtlich.

Tabelle 3:

Flächendaten

	Fläche	r [mm]	D [mm]	n	N
11		72,29	3,5	1,607	56,65
12*		25,0	14,129		
21		88,21	2,7	1,607	56,65
22		26,35	D21 ∞ : 46,29; 400: 48,03		
31		60,06	4,5	1,613	37,0
32		-129,67	D22 ∞ : 4,0; 400: 2,26		
41		77,84	4,0	1,517	64,16
42		-81,8	3,0		
300		∞	13,457		
51		-21,25	2,0	1,834	37,16
52, 61		29,38	8,5	1,487	70,41
62		-28,23	0,2		
71		138,1	10,0	1,607	56,65
72*		-27,5	0,2		
81		101,1	2,5	1,834	37,16
82, 91		26,2	12,5	1,517	64,16
92		-70,33	1,0		
101		∞	2,0	1,517	64,16
102		∞	36,46		
200		∞			

Asphärendaten

	Fläche	K	A	B	C
12*		-0,4821	$-0,6340 \times 10^{-6}$	$-0,6827 \times 10^{-9}$	
72*			$0,2294 \times 10^{-5}$	$-0,2996 \times 10^{-8}$	$-0,4620 \times 10^{-11}$

sonstige Daten

	Fokus	f [mm]	F	α [°]	β	y [mm]	L [mm]
∞		18,77	2,1	98,0	0	21,6	134,47
400 mm		18,26	2,09	99,0	-0,043	21,6	134,47

Tabelle 4:

Flächendaten

Fläche	r [mm]	D [mm]	N	v
11	69,70	3,5	1,607	56,65
12	23,03	16,176		
21*	52,60	3,0	1,607	56,65
22	23,87	D21 ∞: 42,04; 400: 43,82		
31	47,39	4,5	1,613	37,0
32	-322,9	D22 ∞: 4,0; 400: 2,22		
41	82,14	5,0	1,517	64,16
42	-74,07	3,0		
300	∞	16,676		
51	-18,92	2,0	1,834	37,16
52, 61	30,21	8,5	1,487	70,41
62	-25,47	0,2		
71	130,1	10,0	1,607	56,65
72*	-27,75	0,2		
81	85,37	2,5	1,834	37,16
82, 91	25,66	12,5	1,517	64,16
92	-67,46	1,0		
101	∞	2,0	1,517	64,16
102	∞	36,0		
200	∞			

Asphärendaten

Fläche	K	A	B	C
21*	4,5747	$0,4345 \times 10^{-5}$	$0,1823 \times 10^{-8}$	
72*		$0,1607 \times 10^{-5}$	$-0,2556 \times 10^{-8}$	$-0,5570 \times 10^{-11}$

sonstige Daten

Fokus	f [mm]	F	α [°]	β	y [mm]	L [mm]
∞	18,8	2,4	97,9	0	21,6	133,79
400 mm	18,3	2,39	98,8	-0,043	21,6	133,79

Tabelle 5:

Flächendaten

Fläche	r [mm]	D [mm]	N	v
11	73,46	3,5	1,607	56,65
12	25,36	14,129		
21	68,96	3,0	1,607	56,65
22*	25,32	D12 ∞ : 45,59; 400: 47,60		
31	52,56	4,0	1,613	37,0
32	-269,4	3,21		
41	67,14	4,0	1,517	64,16
42	-115,5	5,39		
300	∞	13,678		
51	-19,71	2,0	1,834	37,16
52, 61	30,57	8,5	1,487	70,41
62	-25,77	0,2		
71	138,1	10,0	1,607	56,65
72*	-27,5	0,2		
81	83,82	2,5	1,834	37,16
82, 91	26,2	12,2	1,517	64,16
92	-70,33	1,0		
101	∞	2,0	1,517	64,16
102	∞	36,0		
200	∞			

Asphärendaten

Fläche	K	A	B	C
22*	-2,2825	$0,8368 \times 10^{-5}$	$-0,1123 \times 10^{-7}$	
72*		$0,2117 \times 10^{-5}$	$-0,2214 \times 10^{-8}$	$-0,4922 \times 10^{-11}$

sonstige Daten

Fokus	f [mm]	F	α [°]	β	y [mm]	L [mm]
∞	18,77	2,4	98	0	21,6	135,4
400 mm	18,32	2,39	99	-0,043	21,6	137,41

[0039] Die Fig. 5 und Fig. 6 stellen analog zu der Darstellung der Fig. 2 und Fig. 3 die Abbildungsfehler eines Objektivs 2000 gemäß Fig. 4 und Tabelle 3 dar.

[0040] Natürlich stellen die in der speziellen Beschreibung diskutierten und in den Figuren gezeigten Ausführungsformen nur illustrative Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung dar. Dem Fachmann ist im Lichte der hiesigen Offenbarung ein breites Spektrum von Variationsmöglichkeiten an die Hand gegeben. Insbesondere steht dem Fachmann die Verwendung des erfindungsgemäßen Objektivs für unterschiedliche fotografische Apparate, wie Fotoapparate mit Wechsel- oder Festobjektiv, Videokameras, Camcorder etc. offen. Auch eine Beschränkung hinsichtlich irgendwelcher spezieller Ausführungsformen von Bildauffangelementen in der

Bildebene, z. B. optoelektronische Bilddetektoren, Rollenfilme etc. liegt im Hinblick auf die breite Anwendbarkeit der vorliegenden Erfindung nicht vor.

Bezugszeichenliste

I	erste Linsengruppe, Frontgruppe
II	zweite Linsengruppe
III	dritte Linsengruppe
IV	vierte Linsengruppe
1	erste Linse
11	objektseitige Fläche von 1
12	bildseitige Fläche von 1
2	zweite Linse
21	objektseitige Fläche von 2
22	bildseitige Fläche von 2
3	dritte Linse
31	objektseitige Fläche von 3
32	bildseitige Fläche von 3
4	vierte Linse
41	objektseitige Fläche von 4
42	bildseitige Fläche von 4
5	fünfte Linse
51	objektseitige Fläche von 5
52	bildseitige Fläche von 5
6	sechste Linse
61	objektseitige Fläche von 6
62	bildseitige Fläche von 6
7	erste Linse
71	objektseitige Fläche von 7
72	bildseitige Fläche von 7
8	erste Linse
81	objektseitige Fläche von 8
82	bildseitige Fläche von 8
9	erste Linse
91	objektseitige Fläche von 9
92	bildseitige Fläche von 9
10	erstes Kittglied
20	zweites Kittglied
100	Abschlussplatte
101	objektseitige Fläche von 100
102	bildseitige Fläche von 100
200	Bildebene
300	Aperturblende
1000	Objektiv
2000	Objektiv
D12	bildseitiger Abstand von I zu II
D21	objektseitiger Abstand von II zu I
D22	bildseitiger Abstand von II zu III
D41	objektseitiger Abstand von IV zu 300
D42	bildseitiger Abstand von IV zu 100

Patentansprüche

1. Fotografisches Objektiv, welches in einer Reihenfolge von seinem objektseitigen zu seinem bildseitigen Ende folgende Elemente aufweist:

- eine erste Linsengruppe (**I**) negativer Brechkraft, umfassend eine erste Linse (**1**) und eine zweite Linse (**2**),
- eine zweite Linsengruppe (**II**) positiver Brechkraft, umfassend eine dritte Linse (**3**) positiver Brechkraft,
- eine dritte Linsengruppe (**III**) positiver Brechkraft, umfassend eine vierte Linse (**4**) positiver Brechkraft,
- eine Aperturblende (**300**) und

– eine vierte Linsengruppe (IV) positiver Brechkraft, umfassend ein erstes Kittglied (10) aus einer fünften Linse (5) und einer sechsten Linse (6), eine siebte Linse (7) positiver Brechkraft und ein zweites Kittglied (20) aus einer achten Linse (8) und einer neunten Linse (9),
wobei die erste und die vierte Linsengruppe (I, IV) jeweils eine asphärische Fläche (22, 72; 12, 72; 21, 72) einer ihrer Linsen aufweisen und
entweder die erste Linsengruppe (I) oder die zweite Linsengruppe (II) oder die vierte Linsengruppe (IV) als Fokussiergruppe relativ zu den jeweils übrigen Linsengruppen (II, III, IV; I, III, IV; I, II, III) axial beweglich angeordnet ist.

2. Fotografisches Objektiv nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die fünfte Linse (5) negative und die sechste Linse (6) positive Brechkraft aufweist.

3. Fotografisches Objektiv nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die fünfte Linse (5) als Bikonkavlinse und die sechste Linse (6) als Bikonvexlinse ausgebildet ist.

4. Fotografisches Objektiv nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die achte Linse (8) negative und die neunte Linse (9) positive Brechkraft aufweist.

5. Fotografisches Objektiv nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die achte Linse (8) als negative Meniskuslinse, deren objektseitige Fläche (81) einen größeren Radius aufweist als ihre bildseitige Fläche (82), und die neunte Linse (9) als Plankonvexlinse oder als Bikonvexlinse ausgebildet ist.

6. Fotografisches Objektiv nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Linse (1) und die zweite Linse (2) jeweils als eine negative Meniskuslinse, deren objektseitige Fläche (11, 21) einen größeren Radius aufweist als ihre bildseitige Fläche (12, 22), ausgebildet sind.

7. Fotografisches Objektiv nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Linse (3) als Bikonvexlinse ausgebildet ist.

8. Fotografisches Objektiv nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vierte Linse (4) als Bikonvexlinse ausgebildet ist.

9. Fotografisches Objektiv nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass keine Fläche einer der Linsen (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) der zweiten, dritten und vierten Linsengruppe (II, III, IV) einen betragsmäßigen Krümmungsradius von weniger als 22 mm.

10. Fotografisches Objektiv nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass keine Fläche einer der Linsen (1, 2) der ersten Linsengruppe (I) einen betragsmäßigen Krümmungsradius von weniger als 15 mm.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

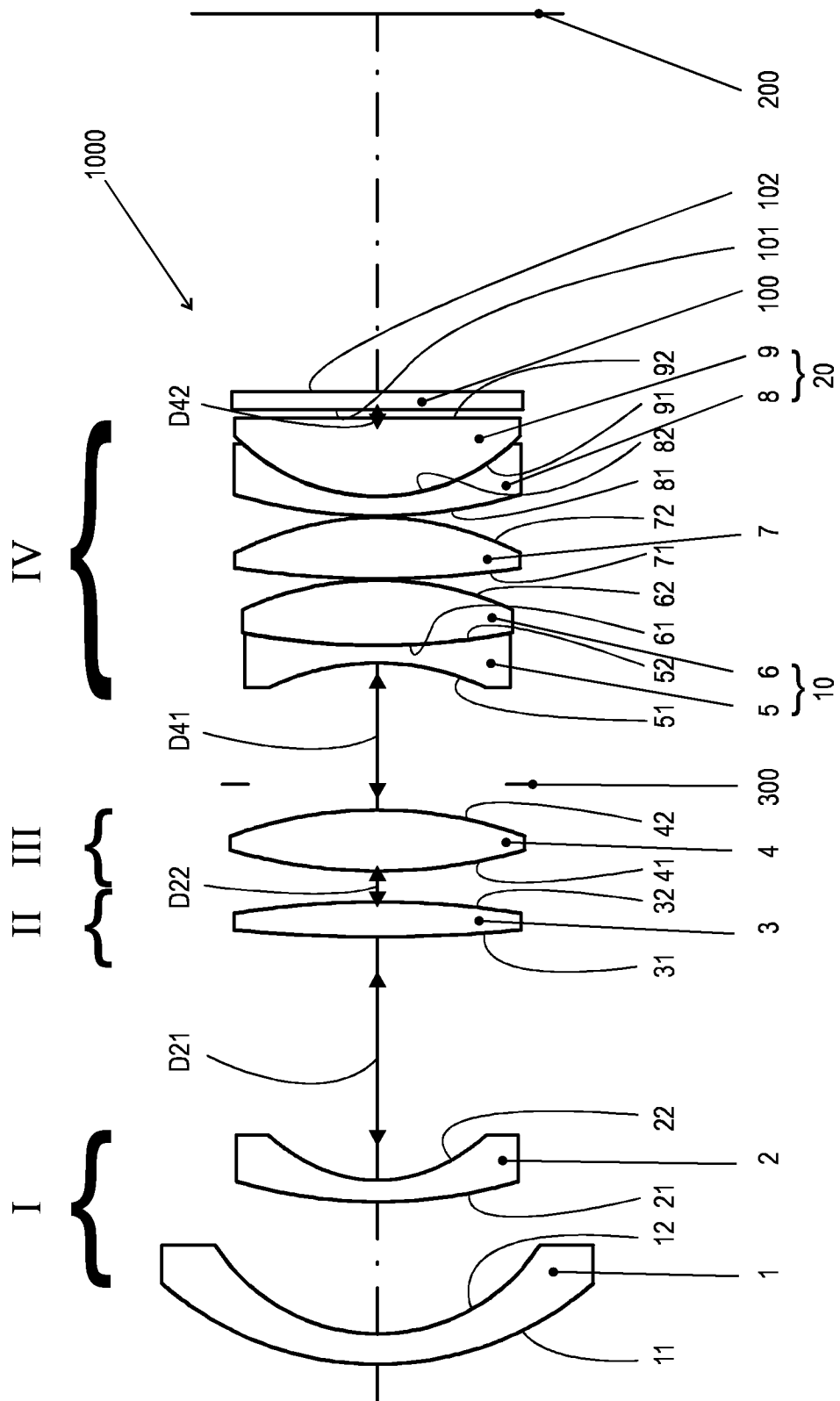


Fig. 1

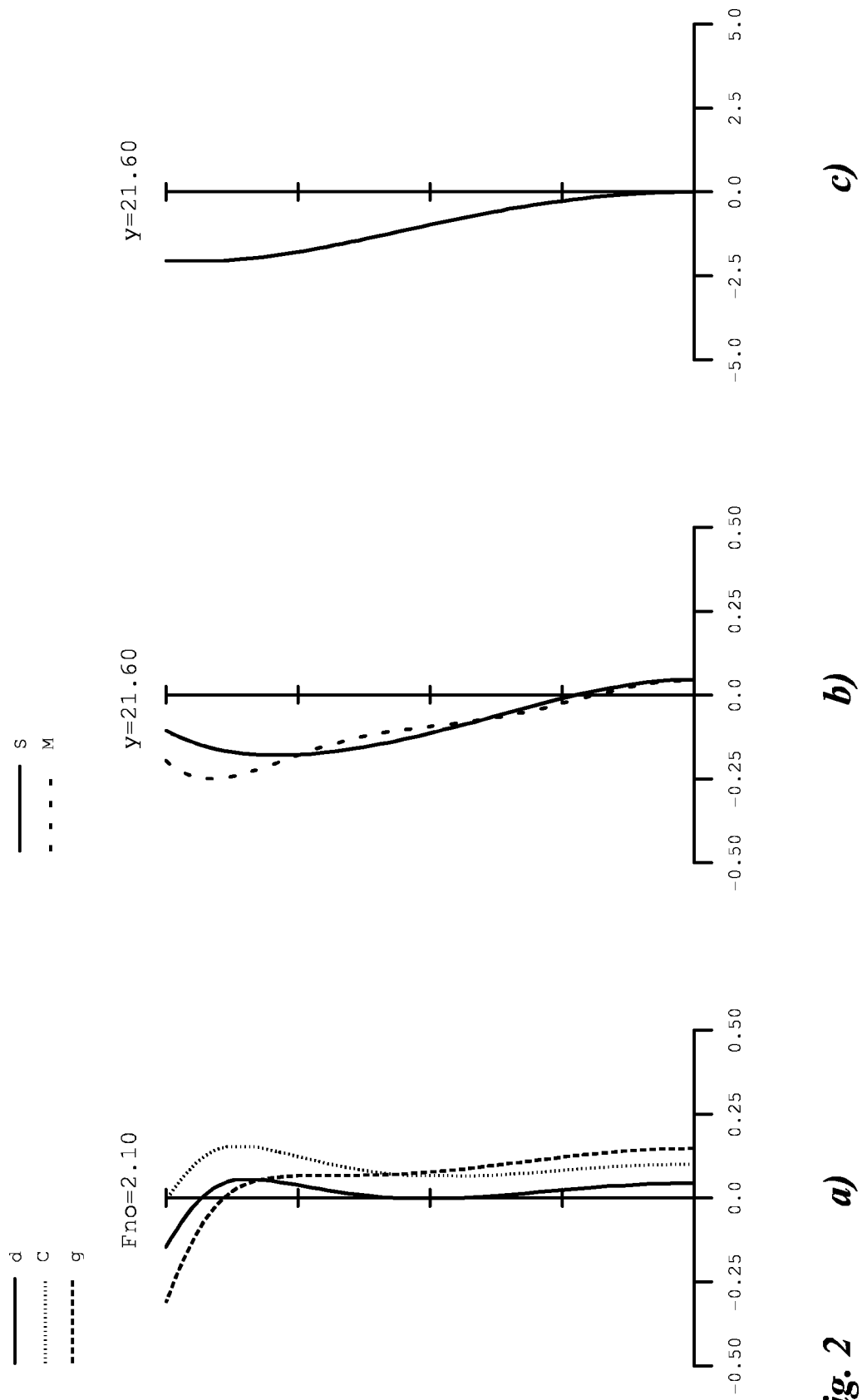


Fig. 2 *a)* *b)* *c)*

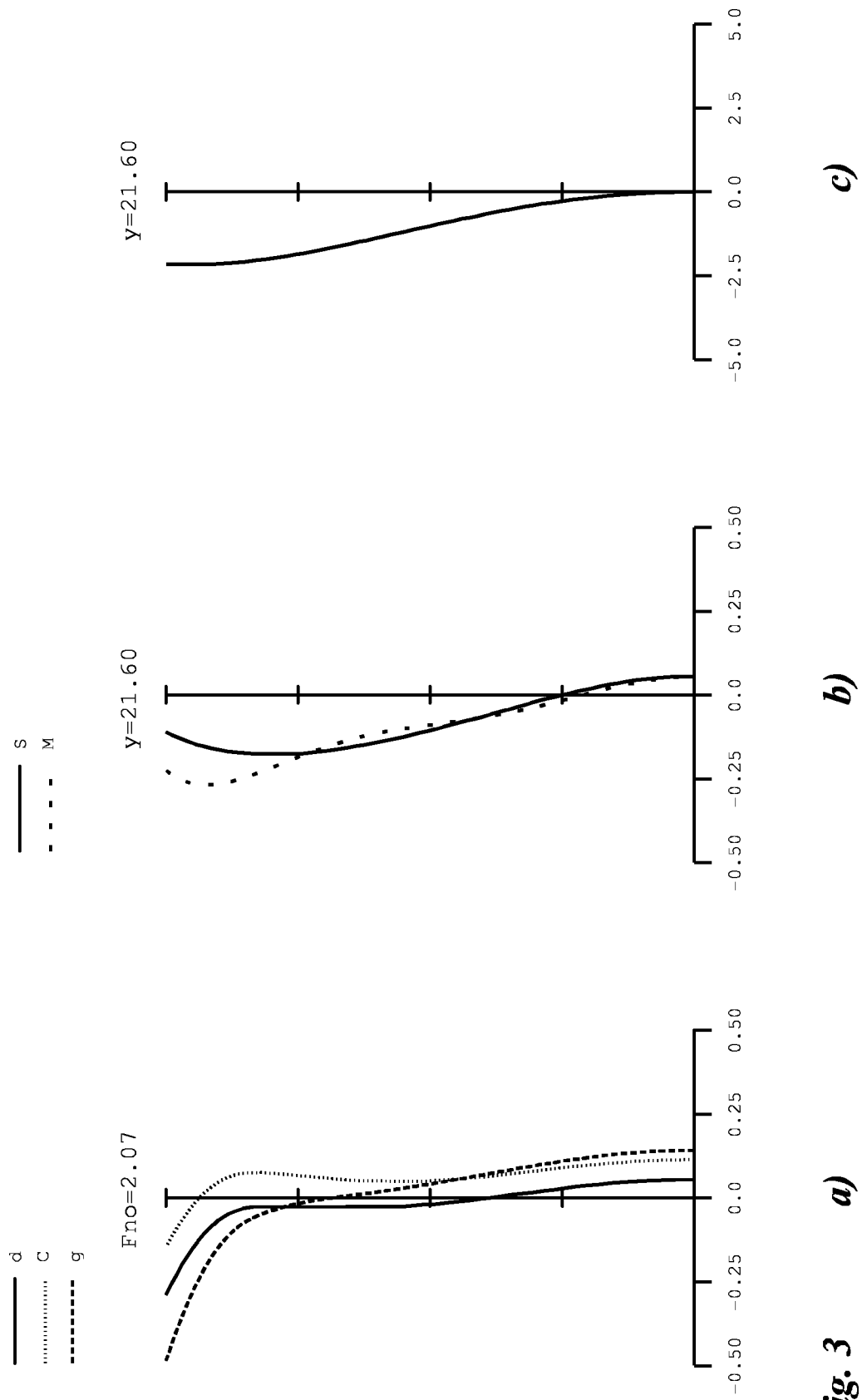


Fig. 3

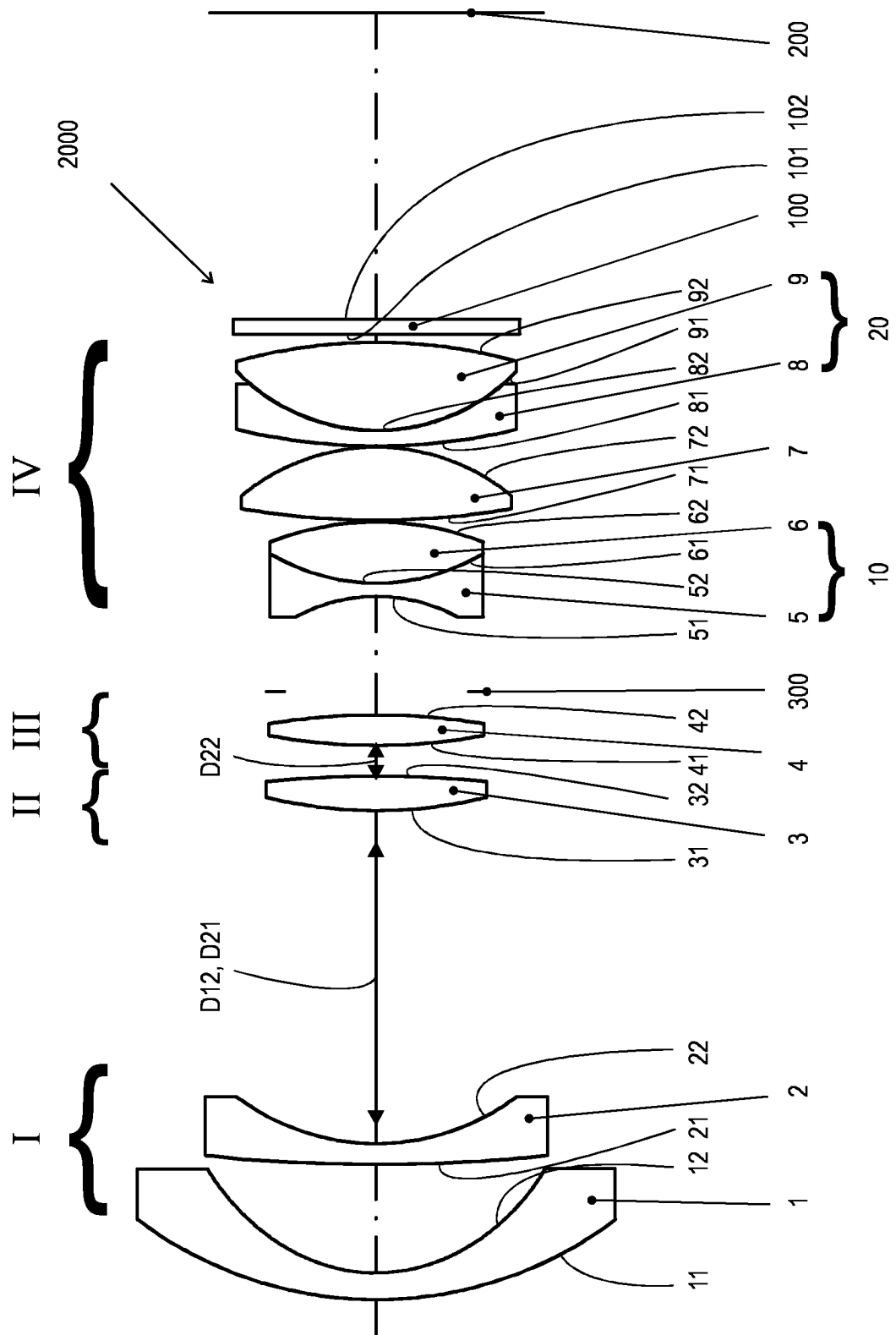


Fig. 4

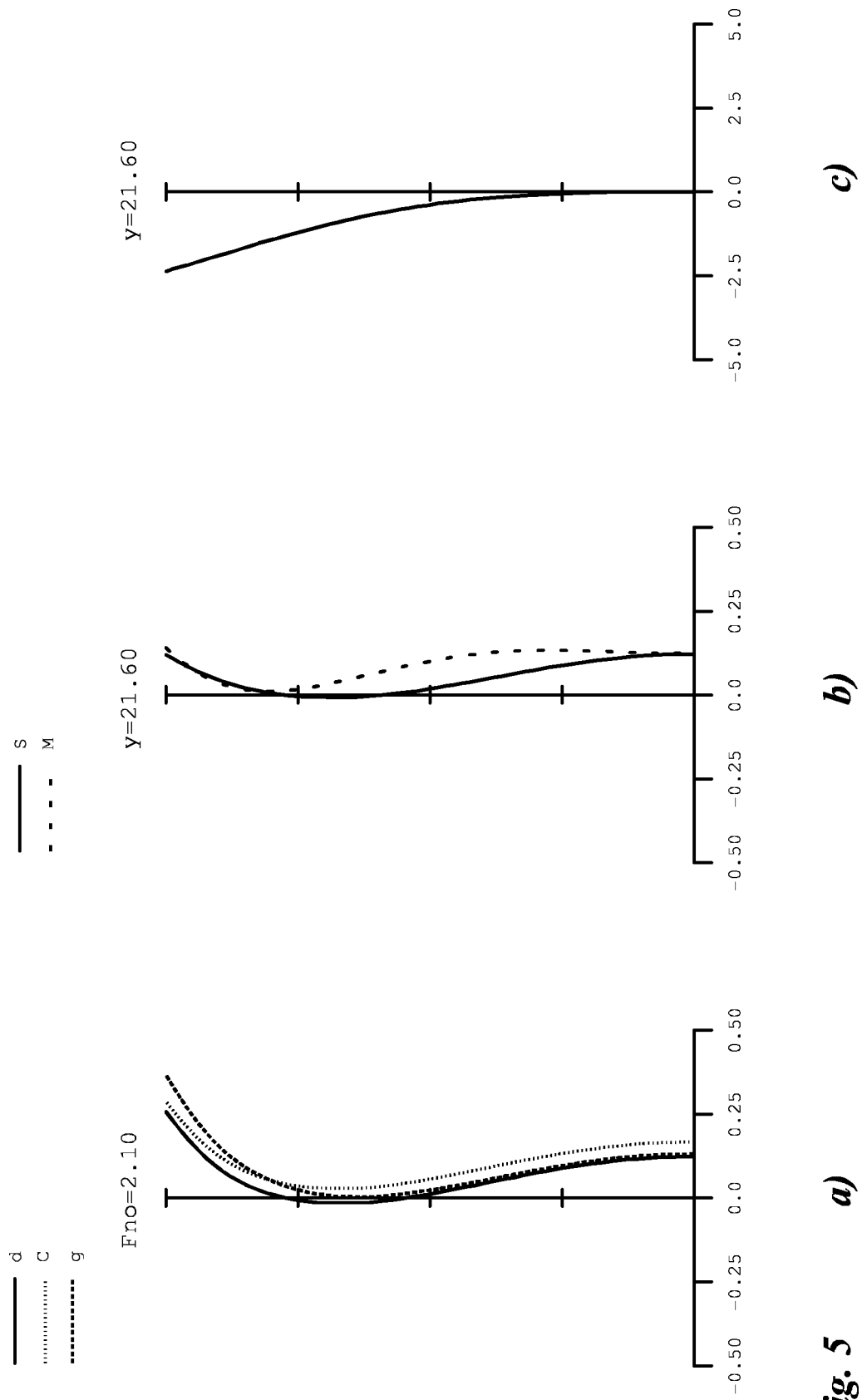


Fig. 5 *a)* *b)* *c)*

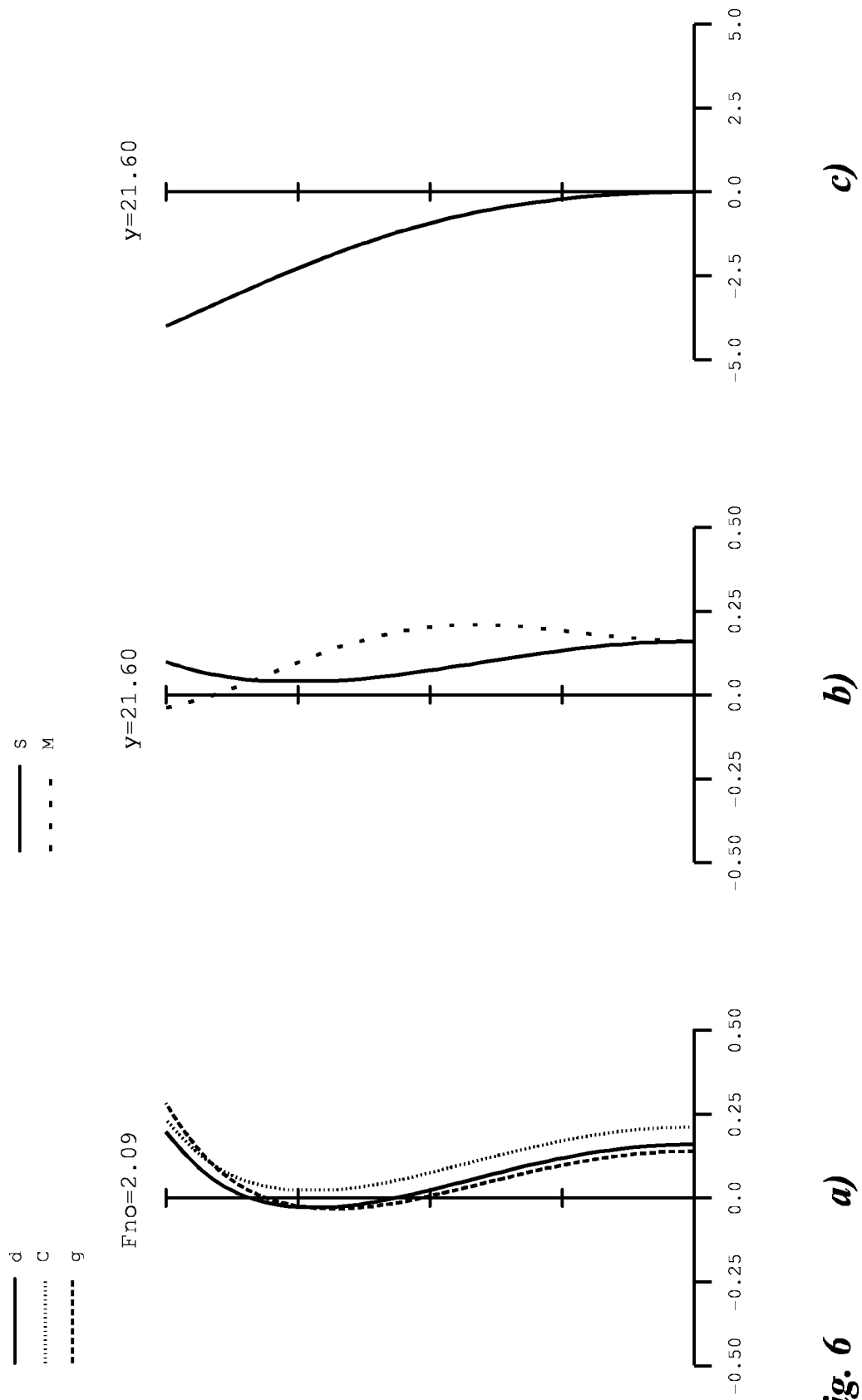


Fig. 6 a) b) c)