



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑪ CH 655 802 A5

⑤① Int. Cl.4: G 02 B 15/14
G 03 B 19/18
H 04 N 9/097
H 04 N 5/225

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 7192/80

㉔ Anmeldungsdatum: 25.09.1980

㉓ Priorität(en): 28.09.1979 FR 79 24154

㉒ Patent erteilt: 15.05.1986

㉑ Patentschrift
veröffentlicht: 15.05.1986

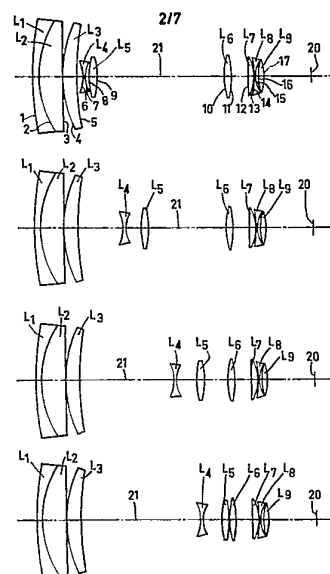
㉒ Inhaber:
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven
(NL)

㉒ Erfinder:
Hugues, Edgard Alfred, Courbevoie (FR)
Bacchus, Jean-Marie, Bagnolet (FR)
Haisma, Jan, Eindhoven (NL)

㉒ Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ **Objektivsystem mit einer in einem grossen Bereich veränderlichen Brennweite, das mit asphärischen Oberflächen versehen ist.**

⑤⑦ Das Objektivsystem weist zwei bewegbare Gruppen von Linsen (L_4 ; L_5) und zwei feste Gruppen von Linsen (L_1 , L_2 , L_3 ; L_6 , L_7 , L_8 , L_9) auf. Die bewegbaren Gruppen bestehen aus einfachen Linsen (L_4 ; L_5), von welchen jede mit einer asphärischen brechenden Oberfläche (7; 8) versehen ist. Von den Linsen der festen Gruppen ist eine (6) ebenfalls mit einer asphärischen brechenden Oberfläche (10) versehen. Die Fixierung der Bildebene erfolgt durch mechanischen Ausgleich mit einem Brennweitenverhältnis grösser als 5, das den Wert 8 erreichen kann. Die asphärischen Linsen (L_4 , L_5 , L_6) können derart angeordnet werden, dass die Gesamtzahl der Linsen dieses Objektivsystems bei gleicher Brennweitenänderung kleiner ist als in bisherigen Objektivsystemen, die nur mit sphärischen Linsen versehen sind. Dadurch lässt sich ein kleineres Gewicht des Objektivsystems und insbesondere der bewegbaren Teile erzielen, so dass für die Verschiebung eine geringe Energie benötigt wird. Eine bevorzugte Anwendung des Objektivsystems erfolgt in Farbfernsehkameras.



PATENTANSPRÜCHE

1. Objektivsystem mit veränderlicher Brennweite und fester Bildebene, das aus Gruppen von Linsen zusammengestellt ist, wobei in mindestens zwei Gruppen eine Linse mit einer einzigen asphärischen Oberfläche vorhanden ist, dadurch gekennzeichnet, dass es aus mehreren bewegbaren Gruppen von Linsen und mindestens einer fixierten Gruppe von Linsen zusammengestellt ist; dass die Fixierung der Bildebene bei einer Brennweitenänderung grösser als 5 durch mechanischen Ausgleich erfolgt; dass sämtliche bewegbaren Gruppen aus einfachen Linsen bestehen, von denen mindestens eine mit einer asphärischen Oberfläche versehen ist, und dass wenigstens eine fixierte Gruppe mit wenigstens einer asphärischen Oberfläche versehen ist.

2. Objektivsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von dem Gegenstandsraum zu dem Bildraum gerechnet, das Objektivsystem mit nacheinander einer ersten fixierten Gruppe mit positiver Brennweite, einer ersten bewegbaren durch eine einfache Linse mit negativer Brennweite gebildeten Gruppe, einer zweiten bewegbaren durch eine bewegbare einfache Linse mit positiver Brennweite gebildeten Gruppe und einer zweiten fixierten Gruppe mit positiver Brennweite versehen ist.

3. Objektivsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn F_1 , F_2 und F_3 die Brennweiten der ersten fixierten Gruppe, der ersten bewegbaren Gruppe bzw. der zweiten bewegbaren Gruppe bezeichnen, die Brennweiten dieser verschiedenen Gruppen derart sind, dass

$$-0,25 \leq \frac{F_2}{F_1} \leq -0,1$$

$$0,9 \leq \frac{F_3}{F_1} \leq 2.$$

4. Objektivsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl bewegbarer Gruppen mindestens gleich drei ist.

5. Objektivsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass, von dem Gegenstandsraum zu dem Bildraum gerechnet, dieses System mit nacheinander einer ersten fixierten Gruppe mit negativer Brennweite F_1 , einer ersten bewegbaren durch eine einfache Linse mit positiver Brennweite F_2 gebildeten Gruppe, einer zweiten bewegbaren durch eine einfache Linse mit positiver Brennweite F_3 gebildeten Gruppe, einer dritten bewegbaren durch eine einfache Linse mit negativer Brennweite F_4 gebildeten Gruppe und einer zweiten fixierten Gruppe mit positiver Brennweite versehen ist, wobei die Brennweiten dieser verschiedenen Gruppen derart sind, dass

$$-0,7 \leq \frac{F_2}{F_1} \leq -0,3$$

$$-1 \leq \frac{F_3}{F_1} \leq -0,4$$

$$0,12 \leq \frac{F_4}{F_1} \leq 0,3.$$

6. Objektivsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass, von dem Gegenstandsraum zu dem Bildraum gerechnet, dieses System nacheinander mit einer ersten fixierten Gruppe mit positiver Brennweite F_1 , einer ersten bewegbaren durch eine einfache Linse mit negativer Brennweite F_2 gebildeten Gruppe, einer zweiten bewegbaren durch eine einfache Linse mit negativer Brennweite F_3 gebildeten Gruppe, einer dritten bewegbaren Gruppe mit positiver Brennweite F_4 und einer zweiten fixierten Gruppe mit positiver Brennweite versehen ist, wobei die Brennweiten dieser verschiedenen Gruppen derart sind, dass

$$-0,5 \leq \frac{F_2}{F_1} \leq -0,2$$

$$-0,5 \leq \frac{F_3}{F_1} \leq -0,2$$

$$0,3 \leq \frac{F_4}{F_1} \leq 0,8.$$

7. Objektivsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Änderung der Brennweite in einem Verhältnis von mindestens 8 ist, und dass der halbe Feldwinkel mindestens gleich 24° bei dem Mindestwert der Brennweite ist.

8. Objektivsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die numerische Apertur zwischen 2 und 1,5 liegt.

9. Objektivsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der freie Bildabstand grösser als 22 mm ist.

10. Objektivsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der freie Bildabstand kleiner als 22 mm ist.

11. Objektivsystem nach den Ansprüchen 3 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Apertur gleich $\frac{F}{1,8}$ ist, wobei die

Strukturparameter in den nachstehenden Tabellen I und II angegeben sind, wobei in der Tabelle I, in der die brechenden

Oberflächen des Objektivsystems, von dem Gegenstandsraum zu dem Bildfeld gerechnet, von 1 bis 17 numeriert sind, die Abstände E entlang der Achse des Objektivsystems für die Brennweite $F = 7,95$ für die verschiedenen durchlaufenen Medien, die Brechungszahl n und die Abbe-Zahl v für die Dispersion in den Medien angegeben sind, während in der Tabelle II die Werte der Symbole C, λ und ϵ_i der Gleichung des Schnittes der asphärischen brechenden Oberflächen 7, 8 und 10 durch eine Ebene durch die optische Achse

$$x = \frac{Cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \lambda) C^2 \cdot y^2}} + \sum_{i=2}^{i=n} \epsilon_i y^{2i}$$

angegeben sind, wobei die x-Koordinate vom Scheitelpunkt der brechenden Oberfläche her entlang der optischen Achse und die y-Koordinate quer zu dieser Achse gemessen sind.

TABELLE I

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
1	2,962	111,111	1,704485	29,88
2	11,099	43,910	1,622857	60,11
3	0,050	876,647	1,000000	
4	6,503	53,395	1,622857	60,11
5	2,936	129,296	1,000000	
6	1,113	-17,988	1,591288	60,94
7	1,896	8,261	1,000000	
8	3,452	35,029	1,550192	53,17
9	59,841	-39,013	1,000000	
10	2,982	25,384	1,654137	38,91

TABELLE I (Fortsetzung)

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
11	7,889	—62,563	1,000000	
12	3,025	309,102	1,622857	60,11
13	0,050	—18,230	1,000000	
14	0,802	—68,031	1,812529	25,30
15	1,032	13,760	1,000000	
16	2,625	25,702	1,622857	60,11
17	0,000	—30,820	1,000000	

TABELLE II

Brechende Oberfläche	7	8	10
C	$1,21048 \cdot 10^{-1}$	$2,85479 \cdot 10^{-2}$	$3,93954 \cdot 10^{-2}$
λ	—1,42139	—1,07632	—2,90598
ε_2	$-1,68578 \cdot 10^{-4}$	$-1,89696 \cdot 10^{-5}$	$-2,27969 \cdot 10^{-5}$
ε_3	$2,736761 \cdot 10^{-6}$	$3,04327 \cdot 10^{-7}$	$-1,91999 \cdot 10^{-7}$
ε_4	$-6,58215 \cdot 10^{-8}$	$-5,01920 \cdot 10^{-9}$	$1,14049 \cdot 10^{-9}$
ε_5	$5,46590 \cdot 10^{-10}$	$2,90044 \cdot 10^{-11}$	$-1,55755 \cdot 10^{-11}$

12. Objektivsystem nach den Ansprüchen 3 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Apertur gleich $\frac{F}{1,8}$ ist, wobei die Strukturparameter in den nachstehenden Tabellen III und IV angegeben sind, wobei in der Tabelle III, in der die brechenden Oberflächen des Objektivsystems, von dem Gegenstandsraum zu dem Bildfeld gerechnet, von 1 bis 19 numeriert sind, die Abstände E entlang der Achse des Objektivsystems für die Brennweite $F = 7,90$ mm für die verschiedenen durchlaufenen Medien, die Brechungszahl n und die Abbe-Zahl v für die Dispersion in den genannten Medien angegeben sind, während in der Tabelle IV die Werte der Symbole C, λ und ε_i der Gleichung des Schnittes der asphärischen brechenden Oberflächen 7, 8 und 10 durch eine Ebene durch die optische Achse

$$x = \frac{Cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \lambda) C^2 \cdot y^2}} + \sum_{i=2}^n \varepsilon_i y^{2i}$$

angegeben sind, wobei die x-Koordinate vom Scheitelpunkt der brechenden Oberfläche her entlang der optischen Achse und die y-Koordinate quer zu dieser Achse gemessen sind.

TABELLE III

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
1	2,935	115,145	1,723153	29,26
2	11,768	46,191	1,622857	60,11
3	0,050	—248,840	1,000000	
4	5,243	63,147	1,622857	60,11
5	2,507	135,414	1,000000	
6	0,688	—19,756	1,591288	60,94
7	3,279	11,786	1,000000	
8	1,680	237,568	1,584777	40,53
9	59,431	—51,002	1,000000	
10	2,329	42,857	1,584777	40,53
11	7,373	—31,066	1,000000	
12	3,487	550,809	1,622857	60,11
13	0,040	—16,221	1,000000	
14	0,788	—401,781	1,812529	25,30
15	1,259	13,928	1,000000	
16	2,200	42,759	1,622857	60,11
17	0,050	—26,586	1,000000	
18	26,500	∞	1,518727	64,04
19	0,000	∞	1,000000	

TABELLE IV

Brechende Oberfläche	7	8	10
C	$8,48454 \cdot 10^{-2}$	$4,20932 \cdot 10^{-3}$	$2,33336 \cdot 10^{-2}$
λ	—8,64111 10^{-1}	—6,87745 10^{-2}	—5,06288
ε_2	—1,01718 10^{-4}	—2,05245 10^{-6}	—7,45166 10^{-5}
ε_3	—1,33362 10^{-7}	—4,29973 10^{-8}	—2,89507 10^{-7}
ε_4	—1,23607 10^{-8}	$1,41858 \cdot 10^{-9}$	$1,75248 \cdot 10^{-9}$
ε_5	$1,19575 \cdot 10^{-10}$	—1,73662 10^{-11}	—5,15778 10^{-11}

13. Objektivsystem nach den Ansprüchen 5 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Apertur gleich $\frac{F}{1,8}$ ist, wobei die Strukturparameter in den nachstehenden Tabellen V und VI angegeben sind, wobei in der Tabelle V, in der die brechenden Oberflächen, von dem Gegenstandsfeld zu dem Bildfeld gerechnet, von 1 bis 11 numeriert sind, die Abstände E entlang der Achse des Objektivsystems für die Brennweite $F = 17$ mm für die verschiedenen durchlaufenen Medien, die Brechungszahlen n und ihre Abbe-Zahl v für die Dispersion angegeben sind, während in der Tabelle VI die Werte der Symbole C , λ und ε_i der Gleichung des Schnittes der asphärischen brechenden Oberflächen 2, 3, 5, 8 und 9 durch eine Ebene durch die optische Achse

$$x = \frac{Cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \lambda) C^2 \cdot y^2}} + \sum_{i=2}^{i=n} \varepsilon_i y^{2i}$$

angegeben sind, wobei die x -Koordinate vom Scheitelpunkt der brechenden Oberfläche her entlang der optischen Achse und die y -Koordinate quer zu dieser Achse gemessen sind, und wobei die Bewegungen der bewegbaren Gruppen durch die Regeln der Änderungen, abhängig von der Brennweite des Objektivs, der Abstände zwischen den brechenden Oberflächen E_1 , E_2 , E_3 und E_4 bestimmt werden, die in Fig. 5 angegeben sind, wobei E_1 , E_2 , E_3 und E_4 die Abstände zwischen den brechenden Oberflächen 2 und 3, 4 und 5, 6 und 7 bzw. 8 und 9 angeben.

TABELLE V

	Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
5	1		62,852		
		6,300		1,677623	32,08
	2		17,997		
		31,400		1,000000	
10	3		31,080		
		10,395		1,622857	60,11
	4		403,858		
		1,100		1,000000	
15	5		50,717		
		9,458		1,622857	60,11
	6		-279,735		
		1,750		1,000000	
20	7		-33,369		
		0,866		1,622857	60,11
	8		21,567		
		52,400		1,000000	
25	9		18,083		
		5,662		1,622857	60,11
	10		-10,914		
		0,396		1,812529	25,30
	11		-21,976		
30		0,000		1,000000	

TABELLE VI

Brechende Oberfläche	2	3	5	8	9
C	5,55650 10^{-2}	3,21750 10^{-2}	1,97173 10^{-2}	4,63672 10^{-2}	5,53002 10^{-2}
λ	-6,96979 10^{-1}	-1,13548	-9,75088 10^{-1}	-1,52017 10^{-1}	-7,10788 10^{-1}
ε_2	-5,38859 10^{-6}	-9,88210 10^{-7}	-1,30489 10^{-6}	-1,14601 10^{-5}	-1,99591 10^{-5}
ε_3	-9,03598 10^{-9}	-1,03273 10^{-9}	-3,89438 10^{-10}	9,99829 10^{-8}	2,71237 10^{-8}
ε_4	3,92014 10^{-12}	1,46391 10^{-12}	-6,31723 10^{-13}	-8,14572 10^{-10}	1,99891 10^{-9}
ε_5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

14. Objektivsystem nach den Ansprüchen 6 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Apertur gleich $\frac{F}{1,8}$ ist, wobei die Strukturparameter in den nachstehenden Tabellen VII und VIII angegeben sind, wobei in der Tabelle VII, in der die brechenden Oberflächen, von dem Gegenstandsfeld zu dem Bildfeld gerechnet, von 1 bis 16 numeriert sind, die Abstände E entlang der Achse des Objektivsystems für die Brennweite $F = 15,00$ mm für die verschiedenen durchlaufenen Medien, die Brechungszahlen n und ihre Abbe-Zahl v der Dispersion angegeben sind, während in der Tabelle VIII die Werte der Symbole C , λ und ε_i der Gleichung des Schnittes der asphärischen brechenden Oberflächen 4, 7, 12 und 16 durch eine Ebene durch die optische Achse

$$x = \frac{Cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \lambda) C^2 \cdot y^2}} + \sum_{i=2}^{i=n} \varepsilon_i y^{2i}$$

angegeben sind, wobei die x-Koordinate vom Scheitelpunkt der brechenden Oberfläche her entlang der optischen Achse und die y-Koordinate quer zu dieser Achse gemessen sind, und wobei die Bewegungen der bewegbaren Gruppen durch die Regeln der Änderungen der Abstände zwischen den brechenden Oberflächen E_1, E_2, E_3 und E_4 , abhängig von der Brennweite des Objektsystems, bestimmt werden wobei diese Abstände in Fig. 7 angegeben sind, wobei E_1, E_2, E_3 und E_4 die Abstände zwischen den brechenden Oberflächen 5 und 6, 7 und 8, 9 und 10 bzw. 11 und 12 angeben.

TABELLE VII

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
1	2,499	52,985	1,734359	28,17
2	13,466	31,271	1,622857	60,11
3	0,050	180,118	1,000000	
4	5,533	60,986	1,622857	60,11
5	19,067	184,952	1,000000	

TABELLE VII (Fortsetzung)

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
6	0,940	—318,707	1,591288	60,94
7	7,021	11,422	1,000000	
8	0,636	—10,909	1,591288	60,94
9	3,649	—136,669	1,000000	
10	1,848	135,620	1,734359	28,17
11	16,404	—24,210	1,000000	
12	10,000	—39,414	1,615176	58,34
13	0,705	—7,702	1,812529	25,30
14	0,969	—13,685	1,000000	
15	2,417	—99,112	1,622857	60,11
16	000	—14,931	1,000000	

TABELLE VIII

Brechende Oberfläche	4	7	12	16
C	1,63972 ⁻²	8,75499 10 ⁻²	—2,53715 10 ⁻²	—6,69741 10 ⁻²
λ	—1,68233 10 ⁻¹	—7,55918 10 ⁻¹	0,00000	0,00000
ε_2	—5,59326 10 ⁻⁸	—1,61978 10 ⁻⁵	—2,23860 10 ⁻⁴	—3,68018 10 ⁻⁶
ε_3	1,64888 10 ⁻¹⁰	—4,29937 10 ⁻⁷	—1,06579 10 ⁻⁶	2,28552 10 ⁻⁸
ε_4	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
ε_5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

15. Farbbildaufnahmeverrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einem Objektsystem nach Anspruch 9, einem Farbtrennprisma und einer Farbbildkamera mit drei Aufnahmeröhren versehen ist.

60 16. Farbbildaufnahmeverrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einem Objektsystem nach Anspruch 12, und einer Farbbildkamera mit drei Aufnahmeröhren versehen ist.

17. Farbbildaufnahmeverrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einem Objektsystem nach Anspruch 10 und einer

65 Farbbildkamera mit einer einzigen Aufnahmeröhre oder einer Filmkamera versehen ist.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Objektivsystem mit veränderlicher Brennweite und fester Bildebene, das aus Gruppen von Linsen zusammengestellt ist, wobei in mindestens zwei Gruppen eine Linse mit einer einzigen asphärischen Oberfläche vorhanden ist.

In der deutschen Offenlegungsschrift 2 625 058 ist ein Objektivsystem dieser Art beschrieben. Es weist das Merkmal auf, dass es nur durch zwei Gruppen von Linsen gebildet wird, die beide bewegbar sind.

Das Objektivsystem nach dieser Offenlegungsschrift weist zwei Arten von Nachteilen auf. Einerseits sind seine optischen Möglichkeiten beschränkt und führen zu einer Änderung der Brennweite mit einem Brennweitenverhältnis, das kaum grösser als 2 ist, wobei die Toleranzen berücksichtigt sind, die für die chromatischen und achromatischen Aberrationen erfüllt werden müssen. Andererseits bleibt, obwohl durch das Einführen einer asphärischen Oberfläche in jede der Gruppen die Anzahl zusammenstellender Elemente jeder Gruppe beschränkt ist, diese Anzahl hoch, was die mechanische Herstellung des Objektivsystems, insbesondere des Teiles, der für die gegenseitige Verschiebung der Gruppen sorgen muss, verwickelt macht.

Die Erfindung bezweckt, diesen Nachteilen zu begegnen und insbesondere den Bereich, innerhalb dessen sich die Brennweite ändert, zu vergrössern. Nach der Erfindung werden ebenfalls eine Anzahl asphärischer Oberflächen benutzt, so dass die Anzahl der zusammenstellenden Elemente des Objektivsystems verkleinert wird, wobei, weil die bewegbaren Gruppen letzten Endes nur ein einziges Element enthalten, das Objektivsystem dann eine einfache mechanische Struktur aufweist. Da die bewegbaren Gruppen nur durch ein einziges optisches Element gebildet werden, besitzen sie eine kleine Masse, wodurch es für ihre Verschiebung möglich wird, Mittel mit ebenfalls einer kleinen Masse zu verwenden, die beispielsweise von Mikroprozessoren gesteuert werden.

Im Objektivsystem nach der Erfindung wird ein Prinzip zum «Ausgleichen» der Änderung der Brennweite benutzt, das in optischen Systemen zur Sicherstellung der Stabilität der Bildebene verwendet wird.

Im Objektivsystem nach der Erfindung wird insbesondere ein mechanisches Prinzip zum Ausgleichen der Brennweitenänderung mit fester Bildebene benutzt. Nach diesem Prinzip werden der Abstand zwischen den Gruppen und deren Verschiebung von einem analytischen Gesetz abhängig gemacht, das durch Berechnung bestimmt wird. Dieses Prinzip eignet sich besonders gut zum Ausgleichen bei Brennweitenänderungen mit grossen Brennweitenverhältnissen.

Nach dem Stand der Technik wurde dieses Prinzip bereits angewandt, und es benutzt das sogenannte Delano-Diagramm (siehe den Aufsatz von Besenmatter «Analyse der primären Wirkung asphärischer Flächen mit Hilfe des Delano-Diagramms» in «Optik» 51, 1978, S. 385-396). Ein Objektivsystem nach dem bekannten Stand der Technik, das nach diesem Ausgleichsprinzip erhalten ist, ist das System, das den Gegenstand des Aufsatzes von D.S. Volosov mit dem Titel «Design of complex photographic systems» in «Gostekhzdat» 1948, bildet. Dieses Objektivsystem weist eine mässige Leistungsfähigkeit auf: Brennweitenverhältnis 3 bis 4 und Apertur F/3 bis F/5. Bei der Anwendung dieses Prinzips wurde nach der Erfindung ein Weg verfolgt, der sich besser dazu eignet, Lösungen mit grösseren Leistungen zu finden. An erster Stelle wurden die Stärken der verschiedenen Gruppen fester und bewegbarer Linsen und die Verhältnisse untersucht, die zwischen diesen Stärken bestehen sollen, um die gewünschten Brennweitenänderungen und Aperturen zu erhalten, wobei man sich als Kriterium auf die Ausführbarkeit der Verschiebungsregeln für jede Gruppe und die Verhältnisse zwischen den Durchmessern der Gruppen und ihren Brennweiten richtete. So wurde das sogenannte «Brennweitenauswertungsdiagramm» entwickelt. Im Falle, in

dem ein Objektivsystem verlangt wird, das z.B. zwei feste Gruppen und zwei bewegbare Gruppen mit Brennweiten F_1 , F_2 , F_3 bzw. F_4 enthalten muss, werden die Brennweiten der auf F_1 genormten bewegbaren Gruppen, d.h. die Verhältnisse F_2/F_1 und F_3/F_1 , als Abszisse und Ordinate entlang der Achsen einer Ebene aufgetragen, wobei durch Änderung der Brennweite und der maximalen Stärke des Objektivsystems dann die Zonen der Ebene begrenzt werden können, mit denen die wirklichen Lösungen erhalten werden können. Nach der Erfindung ist auf diese Weise ein sehr kleiner Teil der Ebene bestimmt, der einem Brennweitenverhältnis von mindestens 5 entspricht. Dieselben Annäherungen bestehen für Objektivsysteme mit drei bewegbaren Gruppen darin, dass ein Diagramm der Stärken mit drei Abmessungen eingestellt und eine Volumenzone ausgewählt wird, die grossen gewünschten Brennweitenänderungen entspricht.

Um die angeführten Ziele und Resultate zu erreichen, weist das erfindungsgemässe Objektivsystem die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angeführten Merkmale auf.

Nach einer ersten Ausführungsform ist das Objektivsystem, von dem Gegenstandsraum zu dem Bildraum gerechnet, mit einer ersten fixierten Gruppe mit positiver Stärke, einer ersten bewegbaren durch eine einfache Linse gebildeten Gruppe mit negativer Stärke, einer zweiten bewegbaren durch eine einfache bewegbare Linse gebildeten Gruppe mit positiver Stärke und einer zweiten festen Gruppe mit positiver Stärke versehen.

Wenn insbesondere F_1 , F_2 und F_3 die Brennweiten der ersten fixierten Gruppe, der ersten bewegbaren Gruppe bzw. der zweiten bewegbaren Gruppe bezeichnen, sind die Brennweiten dieser verschiedenen Gruppen derart, dass

$$-0,25 \leq \frac{F_2}{F_1} \leq -0,1$$

$$0,9 \leq \frac{F_3}{F_1} \leq 2.$$

Nach einer zweiten Ausführungsform enthält das Objektivsystem drei bewegbare Gruppen.

Nach Abwandlungen dieser Ausführungsformen erreicht das Brennweitenverhältnis Werte grösser als 8, während der halbe Feldwinkel grösser als 24° ist, wobei die numerische Apertur zwischen $\frac{F}{2}$ und $\frac{F}{1,5}$ liegen kann, wobei F die Brennweite des Objektivs ist.

Auch kann der Bildabstand des Objektivs gross und grösser als 22 mm sein, wodurch das Objektiv in einer Farbbildaufnahmeverrichtung mit zwischen Objektiv und Kamera angeordnetem Farbtrennprisma mit drei Bildaufnahmeröhren verwendet werden kann.

Einige Ausführungsformen der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm zum Auswerten der Brennweiten bei der beweglicher Gruppen eines Objektivsystems nach der Erfindung gemäss einer ersten Ausführungsform,

Fig. 2a, 2b, 2c und 2d das optische Schema eines ersten Beispiels eines Objektivsystems mit zwei bewegbaren Gruppen gemäss einer ersten Ausführungsform der Erfindung, wobei jede dieser Figuren auf einen Wert der Brennweite des Objektivsystems bezogen ist, von ihrem Minimum zu ihrem Maximum gerechnet,

Fig. 3a, 3b, 3c und 3d das optische Schema eines zweiten Beispiels eines Objektivsystems mit zwei bewegbaren Gruppen nach der ersten Ausführungsform der Erfindung, wobei jede dieser Figuren auf einen Wert der Brennweite des Objektivsystems bezogen ist, von ihrem Minimum zu ihrem Maximum gerechnet,

Fig. 4a, 4b, 4c und 4d das optische Schema eines ersten Beispiels eines Objektivsystems mit drei bewegbaren Gruppen nach der zweiten Ausführungsform der Erfindung, wobei jede dieser Figuren auf einen Wert der Brennweite des Objektivsystems bezogen ist, von ihrem Minimum zu ihrem Maximum gerechnet,

Fig. 5 die Regeln der Bewegung der bewegbaren Gruppen des Objektivsystems, das in den Fig. 4a, 4b, 4c und 4d dargestellt ist,

Fig. 6a, 6b, 6c und 6d das optische Schema eines zweiten Beispiels des Objektivsystems mit drei bewegbaren Gruppen nach der zweiten Ausführungsform der Erfindung, wobei jede dieser Figuren auf einen Wert der Brennweite des Objektivsystems bezogen ist, von ihrem Minimum zu ihrem Maximum gerechnet, und

Fig. 7 die Regeln der Bewegung der bewegbaren Gruppen des Objektivsystems, das in den Fig. 6a, 6b, 6c und 6d dargestellt ist.

Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform des Objektivsystems, wobei dieses System zwei bewegbare Gruppen zwischen zwei fixierten Gruppen sind F_1 bzw. F_4 und die der bewegbaren Gruppen F_2 bzw. F_3 . In einem rechteckigen Achsensystem sind entlang der x- und der y-Achse die Verhältnisse $\frac{F_2}{F_1}$ bzw. $\frac{F_3}{F_1}$ aufgetragen und ist das Auswertungsdiagramm der Brennweiten entwickelt, die sich auf das Objektivsystem beziehen. In diesem Diagramm wird die Zone 12 mit einem rechteckigen Umfang ausgewählt, die durch die Beziehungen definiert wird:

$$-0,25 \leq \frac{F_2}{F_1} \leq -0,1$$

$$0,9 \leq \frac{F_3}{F_1} \leq 2.$$

Die Punkte innerhalb von 12 entsprechen Objektivsystemen mit veränderlichen Brennweiten und fester Bildebene, die grosse Felder in der Grössenordnung von 45° und Brennweitenänderungen in der Grössenordnung von 8 aufweisen. Eines der besten Kompromisse für dieses Objektivsystem liegt in der Nähe des Punktes A der Fig. 1 mit als Koordinaten

$$(1) \left\{ \begin{array}{l} \frac{F_2}{F_1} = -0,2 \\ \frac{F_3}{F_1} = 1 \end{array} \right.$$

mit $F_1 > 0$.

Dies entspricht für ein Bildformat mit einer Diagonale von 7 mm und einer Apertur von $\frac{F}{1,8}$, wobei F die Brennweite des Objektivs ist, dem Mindestwert der Brennweite in der Grössenordnung von 6 bis 8 mm und einem Platzraum, einschliesslich des Bildabstandes, in der Grössenordnung von 140 mm. Das erste Beispiel, das diesem Sonderfall entspricht, ist in den Fig. 2a, 2b, 2c und 2d dargestellt, wobei diese Figuren je auf Werte der Brennweite von $F = 7,95$ mm, $F = 15,00$ mm, $F = 35$ mm bzw. $F = 63,5$ mm bezogen sind. In diesen Figuren ist die optische Achse des Objektivsystems mit 21 und das Bildfeld mit 20 bezeichnet. Die brechenden Oberflächen der Elemente des Objektivsystems sind, von dem Gegenstandsraum zu dem Bildfeld gerechnet, von 1 bis 17 numeriert. Die fixierte Gruppe mit positiver Brennweite F_1 besteht aus Linsen L_1 , L_2 und L_3 , während die fixierte Gruppe mit Brennweite F_4 aus vier Linsen L_6 bis L_9 besteht. Die Linsen L_1 und L_2 bilden ein konvergierendes verklebtes Dublett, während die Linse L_3 die Form eines konvergierenden Meniskus aufweist. In der fixierten Gruppe mit Brennweite F_4 ist die Linse L_6 konvergierend, wobei die Eingangsfläche 10 derselben asphärisch ist, während die Linsen L_7 , L_8 und L_9 ein gesondertes Triplet bilden, wobei die Linse L_7

konvergierend und praktisch plankonvex, die Linse L_8 divergierend und praktisch plankonkav und die Linse L_9 konvergierend und praktisch äquikonvex ist. Die bewegbaren Gruppen sind eine divergierende Linse L_4 mit Brennweite F_2 bzw. eine konvergierende Linse L_5 mit Brennweite F_3 . Jede dieser Linsen ist mit einer asphärischen Fläche versehen, die den brechenden Oberflächen 7 bzw. 8 entspricht. Die Gleichung des Schnittes der asphärischen brechenden Oberflächen 7, 8 und 10 (Umdrehung um die optische Achse 21) mit der Ebene der Fig. 2a, 2b, 2c und 2d, auf einem rechteckigen Achsensystem X, y aufgetragen, weist die folgende Form auf:

$$x = \frac{Cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \lambda) C^2 \cdot y^2}} + \sum_{i=2}^n \epsilon_i y^{2i} \quad (2)$$

wobei die x-Koordinaten vom Scheitelpunkt der brechenden Oberfläche entlang der positiv gerichteten optischen Achse der Linse L_1 zu der Bildebene 20 und die y-Koordinaten quer zu der optischen Achse gemessen sind. Das zweite Glied dieser Gleichung enthält einen ersten Term, der einem Kegelschnitt durch den Scheitelpunkt C und einem Koeffizienten λ entspricht, und einen zweiten Term, der die Verformungen einer Ordnung grösser als 2 der brechenden Oberfläche in bezug auf diesen Kegelschnitt beschreibt. Die Tabellen I und II geben die Parameter der Struktur dieses Objektivsystems an. Die Tabelle I gibt den Abstand E zwischen zwei aufeinanderfolgenden brechenden Oberflächen für die Brennweite $F = 7,95$ mm, den Krümmungsradius R die brechenden Oberflächen, die Brechungszahl n der Materialien und die Abbe-Zahl v ihrer Streuung an. Wenn die brechende Oberfläche asphärisch ist, gibt die Spalte R den Radius des Oskulationsskreises an dieser Oberfläche entlang der optischen Achse an. Die Tabelle II gibt die Werte C, λ und ϵ_i der Gleichung (2) in bezug auf diese asphärische Oberfläche, bis zu der Ordnung $2n = 10$ entwickelt, an. Die Gesamtlänge des optischen Systems ist 108,25 mm, während der Bildabstand (zwischen der letzten brechenden Oberfläche und der Bildebene bestehender Abstand) 22,14 mm beträgt.

TABELLE I

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
1		111,111		
2	2,962	43,910	1,704485	29,88
3	11,099	876,647	1,622857	60,11
4	0,050	53,395	1,000000	
5	6,503	129,296	1,622857	60,11
6	2,936	—17,988	1,000000	
7	1,113	8,261	1,591288	60,94
8	1,896	35,029	1,000000	
9	3,452	—39,013	1,550192	53,17
10	59,841	25,384	1,000000	
	2,982		1,654137	38,91

TABELLE I (Fortsetzung)

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
11	7,889	—62,563	1,000000	
12	3,025	309,102	1,622857	60,11
13	0,050	—18,230	1,000000	
14	0,802	—68,031	1,812529	25,30
15	1,032	13,760	1,000000	
16	2,625	25,702	1,622857	60,11
17	0,000	—30,820	1,000000	

Änderung Brennweite F: 7,95 à 63,50 mm
 Bildabstand : 22,14 mm
 Länge des Objektivs : 108,25 mm

TABELLE II

Brechende Oberfläche	7	8	10
C	$1,21048 \cdot 10^{-1}$	$2,85479 \cdot 10^{-2}$	$3,93954 \cdot 10^{-2}$
λ	—1,42139	—1,07632	—2,90598
ε_2	$-1,68578 \cdot 10^{-4}$	$-1,89696 \cdot 10^{-5}$	$-2,27969 \cdot 10^{-5}$
ε_3	$2,736761 \cdot 10^{-6}$	$3,04327 \cdot 10^{-7}$	$-1,91999 \cdot 10^{-7}$
ε_4	$-6,58215 \cdot 10^{-8}$	$-5,01920 \cdot 10^{-9}$	$1,14049 \cdot 10^{-9}$
ε_5	$5,46590 \cdot 10^{-10}$	$2,90044 \cdot 10^{-11}$	$-1,55755 \cdot 10^{-11}$

Die Fig. 3a, 3b, 3c und 3d stellen ein zweites Beispiel dieser ersten Ausführungsform der Erfindung dar, das den Brennweitenbeziehungen (1) für je einen Wert der Brennweite von $F = 8$ mm, $F = 15$ mm, $F = 35$ mm bzw. $F = 64$ mm entspricht. Die Struktur des Objektivsystems lässt sich mit der Struktur vergleichen, die in den Fig. 2a, 2b, 2c und 2d dargestellt ist, mit Ausnahme der Tatsache, dass im Objektivsystem auf der Bildfeldseite ein an sich bekanntes Farbtrennprisma angeordnet ist, so dass die Spektralkomponenten des Bildes räumlich getrennt im blauen, im roten und im grünen Spektrum erhalten werden können. In den Fig. 3a, 3b, 3c und 3d sind die brechenden Oberflächen der Elemente, einschliesslich des Bildfeldes von 1 bis 20 numeriert. Mit vergleichbarer Form werden darin die Linsen L_1 bis L_9 wiedergefunden, wobei die Flächen 7, 8 und 10 asphärisch sind, aber verschiedene Konstruktionsparameter aufweisen, wobei das Vorhandensein des Farbtrennprismas berücksichtigt wird. In jeder der Fig. 3a, 3b, 3c und 3d sind die bewegbaren Linsen L_4 und L_5 in einer verschiedenen Lage dargestellt, die einem der oben angegebenen Werte der Brennweite des Objektivsystems entspricht.

Mit 23 ist das Farbtrennprisma bezeichnet, das schematisch in Form einer planparallelen Platte dargestellt ist. Die Tabellen III und IV, die den Tabellen I und II analog sind, geben die Konstruktionsparameter an, die sich auf dieses zweite Beispiel beziehen, wobei die Gleichungen des Schnittes der asphärischen brechenden Oberflächen die Form (2) aufweisen. Die Tabelle III bezieht sich auf den Wert der Brennweite $F = 7,90$ mm. Die Gesamtlänge des Objektivsystems, einschliesslich des Prismas, ist, wie gefunden wurde, 131,66 mm, wobei der Bildabstand, der nach dem Prisma vorhanden ist, 4,25 mm beträgt.

TABELLE III

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
1	2,935	115,145	1,723153	29,26
2	11,768	46,191	1,622857	60,11
3	0,050	—248,840	1,000000	
4	5,243	63,147	1,622857	60,11
5	2,507	135,414	1,000000	
6	0,688	—19,756	1,591288	60,94
7	3,279	11,786	1,000000	
8	1,680	237,568	1,584777	40,53
9	59,431	—51,002	1,000000	
10	2,329	42,857	1,584777	40,53
11	7,373	—31,066	1,000000	
12	3,487	550,809	1,622857	60,11
13	0,040	—16,221	1,000000	
14	0,788	—401,781	1,812529	25,30
15	1,259	13,928	1,000000	
16	2,200	42,759	1,622857	60,11
17	0,050	—26,586	1,000000	
18	26,500	∞	1,518727	64,04
19	0,000	∞	1,000000	

Änderung Brennweite F : 7,90 à 64 mm
 Bildabstand nach Prisma: 4,25 mm
 Länge : 131,66 mm

TABELLE IV

Brechende Oberfläche	7	8	10
C	$8,48454 \cdot 10^{-2}$	$4,20932 \cdot 10^{-3}$	$2,33336 \cdot 10^{-2}$
λ	$-8,64111 \cdot 10^{-1}$	$-6,87745 \cdot 10^{-2}$	$-5,06288$
ε_2	$-1,01718 \cdot 10^{-4}$	$-2,05245 \cdot 10^{-6}$	$-7,45166 \cdot 10^{-5}$
ε_3	$-1,33362 \cdot 10^{-7}$	$-4,29973 \cdot 10^{-8}$	$-2,89507 \cdot 10^{-7}$
ε_4	$-1,23607 \cdot 10^{-8}$	$1,41858 \cdot 10^{-9}$	$1,75248 \cdot 10^{-9}$
ε_5	$1,19575 \cdot 10^{-10}$	$-1,73662 \cdot 10^{-11}$	$-5,15778 \cdot 10^{-11}$

Es versteht sich, dass für diese Beispiele alle anderen Kombinationen fixierter Gruppen nach dem bekannten Stand der Technik, die der Art der bewegbaren Gruppen, die durch Linsen L_4 bzw. L_5 gebildet werden, entsprechen, geeignet sind.

Nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung enthält das Objektivsystem drei bewegbare Gruppen zwischen zwei fixierten Gruppen. Die Brennweiten der fixierten Gruppen sind, von dem Gegenstandsfeld zu dem Bildfeld gerechnet, F_1 und F_5 und die der bewegbaren Gruppen F_2 , F_3 und F_4 . Eine vorhergehende Auswertung der Stärken führt dazu, dass die Elemente des Objektivsystems derart gewählt werden, dass die Verhältnisse $\frac{F_2}{F_1}$, $\frac{F_3}{F_1}$ und $\frac{F_4}{F_1}$ zwischen bestimmten Grenzen liegen.

Nach einer Abwandlung dieser Ausführungsform, für die die erste fixierte Gruppe eine negative Brennweite F_1 aufweist, sind diese Grenzen derart, dass:

$$-0,7 \leq \frac{F_2}{F_1} \leq -0,3$$

$$-1 \leq \frac{F_3}{F_1} \leq -0,4$$

$$0,12 \leq \frac{F_4}{F_1} \leq 0,3.$$

Ein Beispiel eines Objektivsystems nach dieser Abwandlung entspricht $\frac{F_2}{F_1} = -0,385$, $\frac{F_3}{F_1} = -0,500$ und $\frac{F_4}{F_1} = 0,150$. Dieses Objektivsystem ist in den Fig. 4a, 4b, 4c und 4d dargestellt, die auf die Werte der Brennweite von $F = 7$ mm, $F = 14$ mm, $F = 28$ mm, und $F = 56$ mm bezogen sind.

Die fixierte Gruppe mit der Brennweite F_1 besteht aus einem divergierenden Meniskus L_1 , während die Gruppe mit der Brennweite F_5 aus den zusammengeführten Linsen L_5 und L_6 besteht, die konvergierend bzw. divergierend sind. Die drei be-

wegbaren Gruppen bestehen aus je einer Linse L_2 , L_3 bzw. L_4 , wobei L_2 eine nahezu plankonvexe konvergierende Linse, L_3 eine bikonvexe konvergierende Linse und L_4 eine bikonkave divergierende Linse ist. Die brechenden Oberflächen sämtlicher Elemente sind, von dem Gegenstandsfeld zu dem Bildfeld gerechnet, von 1 bis 11 numeriert. Die Oberflächen der Elemente L_1 , L_2 , L_3 , L_4 und L_5 , die den brechenden Oberflächen 2, 3, 5, 8 bzw. 9 entsprechen, sind asphärisch. In jeder Figur 4a, 4b, 4c und 4d sind die bewegbaren Linsen L_2 , L_3 und L_4 in einer Lage dargestellt, die einer der oben angegebenen Brennweiten entspricht. Die Parameter der Struktur des Objektivsystems, die in den Tabellen V und VI angegeben sind, sind denen in den vorhergehenden Tabellen III und IV analog. In der Tabelle V ist die betrachtete Brennweite die Brennweite mit dem Mindestwert $F = 7$ mm. Der Höchstwert $F = 56$ mm. Der Bildabstand beträgt 22,19 mm.

TABELLE V

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
1		62,852		
2	6,300	17,997	1,677623	32,08
3	31,400	31,080	1,000000	
4	10,395	403,858	1,622857	60,11
5	1,100	50,717	1,000000	
6	9,458	279,735	1,622857	60,11
7	1,750	33,369	1,000000	
8	0,866	21,567	1,622857	60,11
9	52,400	18,083	1,000000	
10	5,662	10,914	1,622857	60,11
11	0,396	21,976	1,812529	25,30
	0,000		1,000000	

Änderung Brennweite F: 7,0 à 56,0 mm
Bildabstand : 22,19 mm
Länge : 120,42 mm

TABELLE VI

Brechende Oberfläche	2	3	5	8	9
C	$5,55650 \cdot 10^{-2}$	$3,21750 \cdot 10^{-2}$	$1,97173 \cdot 10^{-2}$	$4,63672 \cdot 10^{-2}$	$5,53002 \cdot 10^{-2}$
λ	$-6,96979 \cdot 10^{-1}$	$-1,13548$	$-9,75088 \cdot 10^{-1}$	$-1,52017 \cdot 10^{-1}$	$-7,10788 \cdot 10^{-1}$
ε_2	$-5,38859 \cdot 10^{-6}$	$-9,88210 \cdot 10^{-7}$	$-1,30489 \cdot 10^{-6}$	$-1,14601 \cdot 10^{-5}$	$-1,99591 \cdot 10^{-5}$
ε_3	$-9,03598 \cdot 10^{-9}$	$-1,03273 \cdot 10^{-9}$	$-3,89438 \cdot 10^{-10}$	$9,99829 \cdot 10^{-8}$	$2,71237 \cdot 10^{-8}$
ε_4	$3,92014 \cdot 10^{-12}$	$1,46391 \cdot 10^{-12}$	$-6,31723 \cdot 10^{-13}$	$-8,14572 \cdot 10^{-10}$	$1,99891 \cdot 10^{-9}$
ε_5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Zur Vervollständigung der Beschreibung der Struktur dieses Beispiels des Objektivsystems zeigt Fig. 5 die Regeln der Bewegung der Linsen L_2 , L_3 und L_4 als Funktion des Wertes der Brennweite F . Diese Regeln werden, ausgehend von Änderungen des Abstands längs der Achse zwischen bestimmten fixierten und bewegbaren Oberflächen und zwischen bestimmten bewegbaren brechenden Oberflächen, gegeben, und zwar:

E_1 zwischen den brechenden Oberflächen 2 und 3,

E_2 zwischen den brechenden Oberflächen 4 und 5,

E_3 zwischen den brechenden Oberflächen 6 und 7 und

E_4 zwischen den brechenden Oberflächen 8 und 9.

Nach einer zweiten Abwandlung der Ausführungsform des Objektivsystems mit drei bewegbaren Gruppen zwischen zwei fixierten Gruppen, von dem Gegenstandsraum zu dem Bildraum gerechnet, weist die erste fixierte Gruppe eine positive Brennweite F_1 und die zweite fixierte Gruppe eine positive Brennweite F_5 auf, während von den bewegbaren Gruppen, die aus je einem einfachen Element bestehen, die erste eine negative Brennweite F_2 , die zweite eine negative Brennweite F_3 und die dritte eine positive Brennweite F_4 aufweist. Eine vorhergehende Auswertung der Brennweiten der bewegbaren Gruppen in bezug auf die der ersten fixierten Gruppe hat dazu geführt, dass derartige Brennweiten gewählt werden, dass die folgenden Ungleichheiten erfüllt werden:

$$-0,5 \leq \frac{F_2}{F_1} \leq -0,2$$

$$-0,5 \leq \frac{F_3}{F_1} \leq -0,2$$

$$0,3 \leq \frac{F_4}{F_1} \leq 0,8.$$

Ein Beispiel dieser Abwandlung zeigen die Fig. 6a, 6b, 6c und 6d für verschiedene Brennweitenwerte und entspricht $\frac{F_2}{F_1} = -0,301$, $\frac{F_3}{F_1} = -0,326$, $\frac{F_4}{F_1} = 0,455$.

In diesen Figuren sind die brechenden Oberflächen, von dem Gegenstandsfeld zu dem Bildfeld gerechnet, von 1 bis 16 numeriert. Die erste fixierte Gruppe mit positiver Brennweite F_1 besteht aus den beiden zusammengeführten Linsen L_1 und L_2 , die divergierend bzw. konvergierend sind, und der konvergierenden Linse L_3 . Die zweite fixierte Gruppe mit positiver Brennweite F_5 enthält einerseits das konvergierende Gebilde, das aus der sehr dicken Linse L_7 und der Linse L_8 besteht, die miteinander verklebt sind, und andererseits die konvergierende Linse L_9 . In jeder der Fig. 6a, 6b, 6c und 6d werden die bewegbaren Gruppen L_2 , L_3 und L_4 in einer verschiedenen Lage dargestellt, die den Werten der Brennweite des Objektivsystems $F = 7,5$ mm, $F = 15$ mm, $F = 30$ mm bzw. $F = 60$ mm entspricht. Die erste bewegbare Gruppe mit negativer Brennweite F_2 besteht aus der praktisch konkaven Linse L_4 ; die zweite bewegbare Gruppe mit negativer Brennweite F_3 besteht aus der ebenfalls praktisch plankonkaven Linse L_5 . Die bikonvexe Linse L_6

bildet die dritte bewegbare Gruppe mit positiver Brennweite F_4 . Die Flächen der Linsen, die den brechenden Oberflächen 4, 7, 12 und 16 entsprechen, sind asphärisch. Die Tabellen VII und VIII, die den vorhergehenden Tabellenpaaren analog sind, geben die Parameter der Struktur dieses Beispiels an, wobei die Tabelle VII sich auf den Wert der Brennweite $F = 15,00$ mm bezieht.

TABELLE VII

Brechende Oberfläche	E (mm)	R (mm)	n	v
1		52,985		
2	2,499	31,271	1,734359	28,17
3	13,466	180,118	1,622857	60,11
4	0,050	60,986	1,000000	
5	5,533	184,952	1,622857	60,11
6	19,067	—318,707	1,000000	
7	0,940	11,422	1,591288	60,94
8	7,021	—10,909	1,000000	
9	0,636	—136,669	1,591288	60,94
10	3,649	135,620	1,000000	
11	1,848	—24,210	1,734359	28,17
12	16,404	—39,414	1,000000	
13	10,000	—7,702	1,615176	58,34
14	0,705	—13,685	1,812529	25,30
15	0,969	—99,112	1,000000	
16	2,417	—14,931	1,622857	60,11
	000		1,000000	

Änderung Brennweite F : 7,5 à 60 mm
 Bildabstand : 22,20 mm
 Länge : 85,20 mm

TABELLE VIII

Brechende Oberfläche	4	7	12	16
C	$1,63972 \cdot 10^{-2}$	$8,75499 \cdot 10^{-2}$	$-2,53715 \cdot 10^{-2}$	$-6,69741 \cdot 10^{-2}$
λ	$-1,68233 \cdot 10^{-1}$	$-7,55918 \cdot 10^{-1}$	0,00000	0,00000

TABELLE VIII (Fortsetzung)

Brechende Oberfläche	4	7	12	16
ϵ_2	$-5,59326 \cdot 10^{-8}$	$-1,61978 \cdot 10^{-5}$	$-2,23860 \cdot 10^{-4}$	$-3,68018 \cdot 10^{-6}$
ϵ_3	$1,64888 \cdot 10^{-10}$	$-4,29937 \cdot 10^{-7}$	$-1,06579 \cdot 10^{-6}$	$2,28552 \cdot 10^{-8}$
ϵ_4	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
ϵ_5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Diese Brennweite ändert sich von 7,5 mm zu 60 mm, wenn die bewegbaren Linsen die Bewegungen vollführen, die durch die Kurven nach Fig. 7 angedeutet sind. In dieser Figur, die der Fig. 5 analog ist, wird die Bewegung der bewegbaren Linsen mit Hilfe von Änderungen als Funktion der Brennweite F der Abstände E_1 bis E_4 entlang der optischen Achse angegeben, und zwar:

- E_1 zwischen den brechenden Oberflächen 5 und 6,
- E_2 zwischen den brechenden Oberflächen 7 und 8,
- E_3 zwischen den brechenden Oberflächen 9 und 10 und
- E_4 zwischen den brechenden Oberflächen 11 und 12.

Der Bildabstand des Objektivsystems liegt in der Grössenordnung von 22,2 mm.

Diese Objektivsysteme nach der Erfindung können z.B. in Bildaufnahmegeräten verwendet werden. Nach einer Abwand-

lung dieser Anwendung handelt es sich um eine Farbbildkamera mit drei Aufnahmeröhren für blaues, grünes bzw. rotes Licht. Das Objektivsystem ist aus solchen Systemen mit grossem Bildabstand (grösser als oder gleich 22 mm) gewählt, wodurch zwischen dem Objektiv und der Kamera ein Farbtrennprisma angeordnet werden kann. Das in Fig. 3 beschriebene Objektivsystem, das derart entworfen ist, dass es bereits selber mit dem Farbtrennprisma versehen ist, eignet sich besonders gut für diese Anwendung. Nach einer anderen Abwandlung dieser Anwendung ist das Bildaufnahmegerät eine einfache Kamera mit photoempfindlichem Film oder eine Farbbildkamera mit nur einer einzigen Aufnahmeröhre. In diesem Falle ist es nicht notwendig, zwischen dem Objektiv und der Kamera ein Farbtrennprisma anzubringen. Das nach der Erfindung verwendete Objektivsystem kann dann aus solchen Systemen mit kleinem Bildabstand (kleiner als 22 mm) gewählt werden.

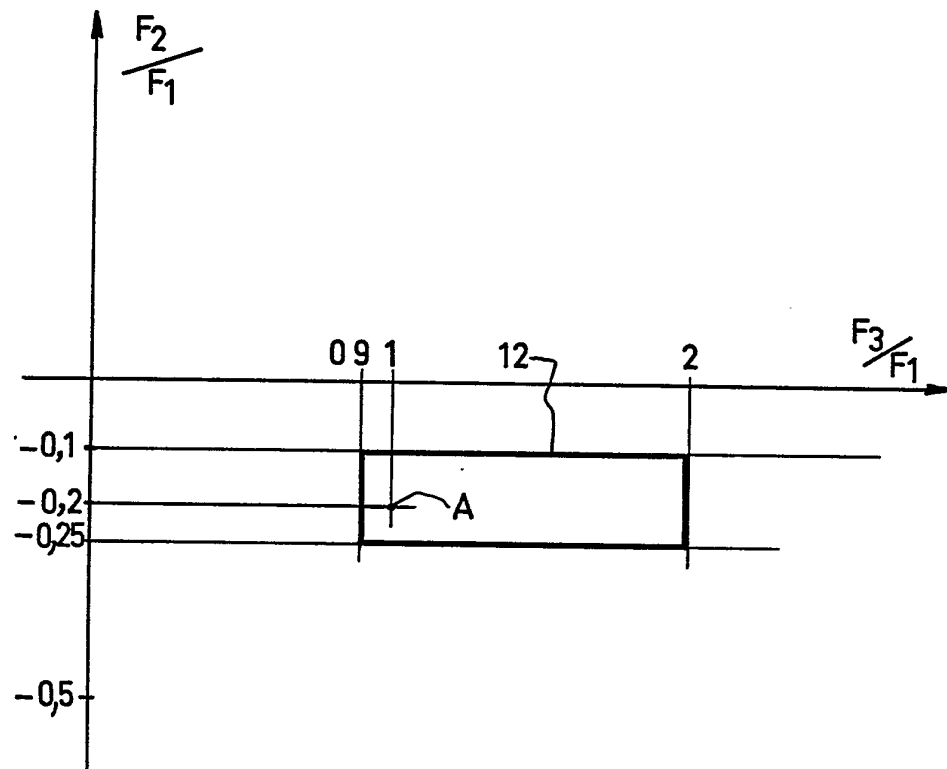
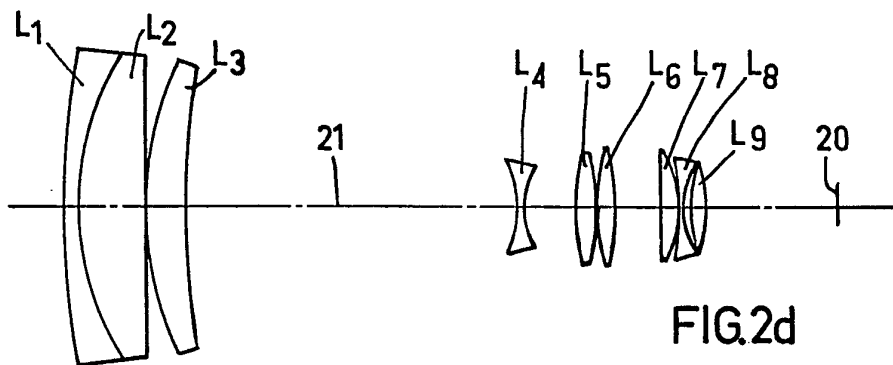
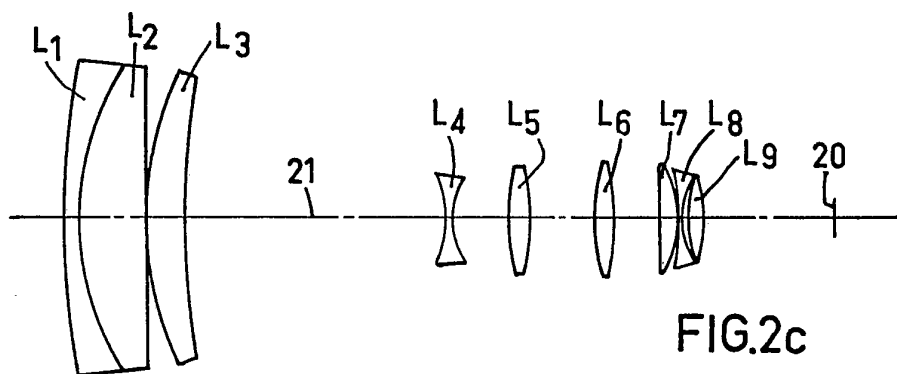
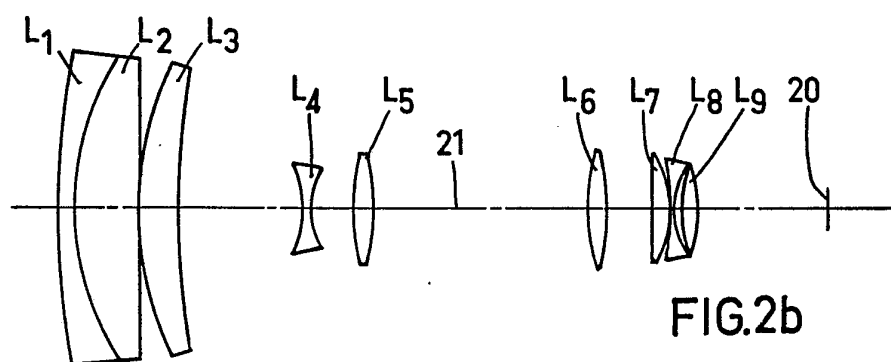
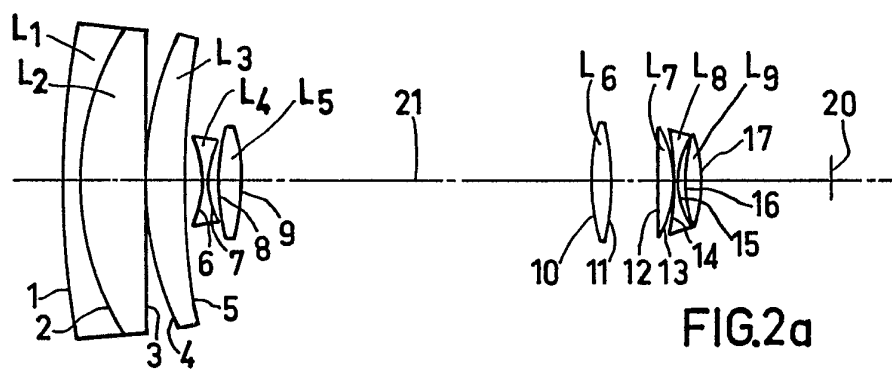
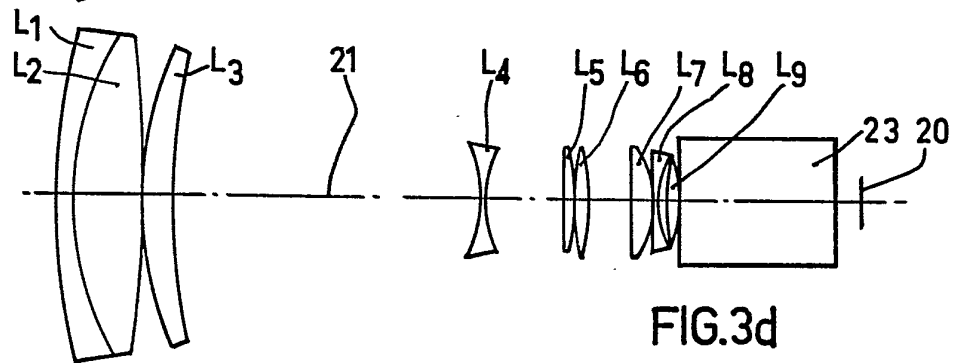
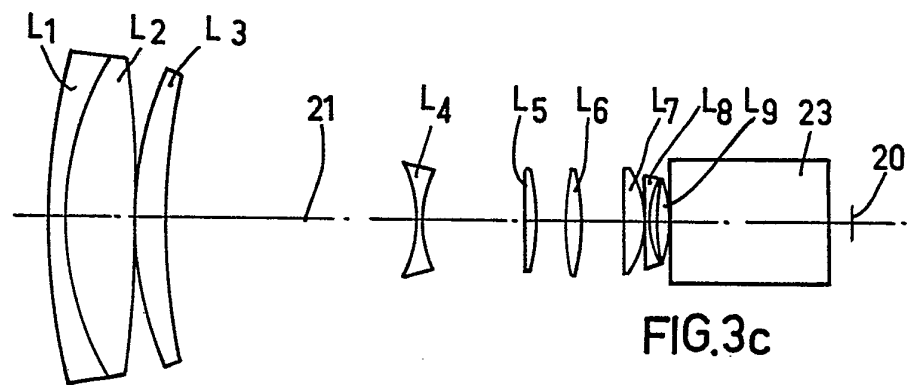
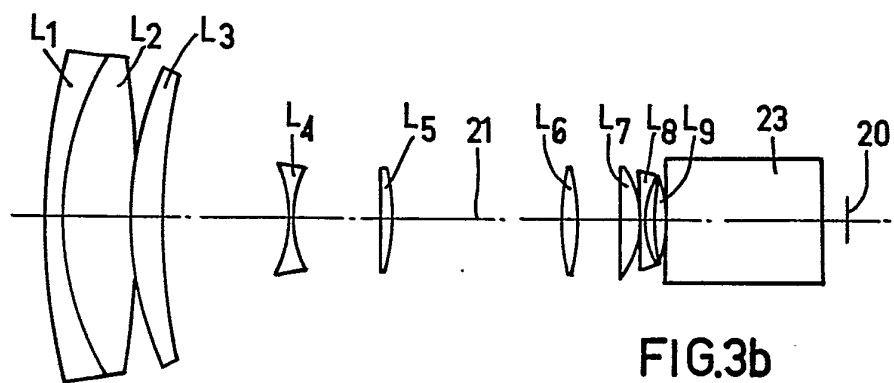
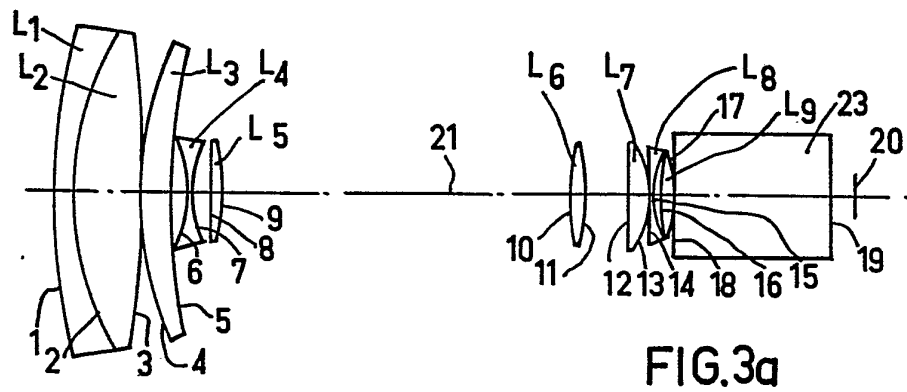
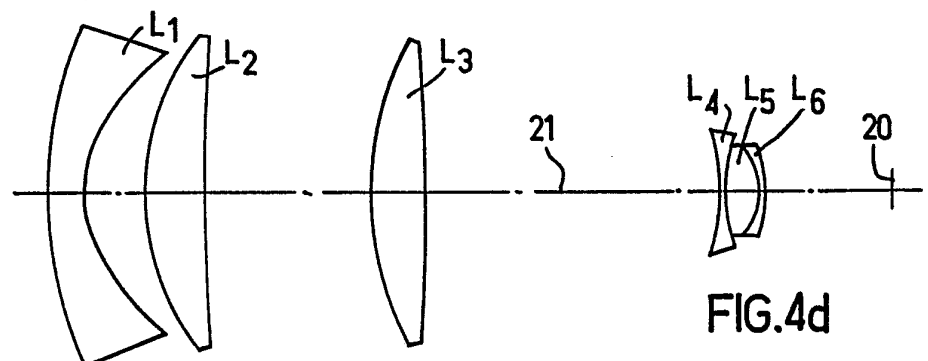
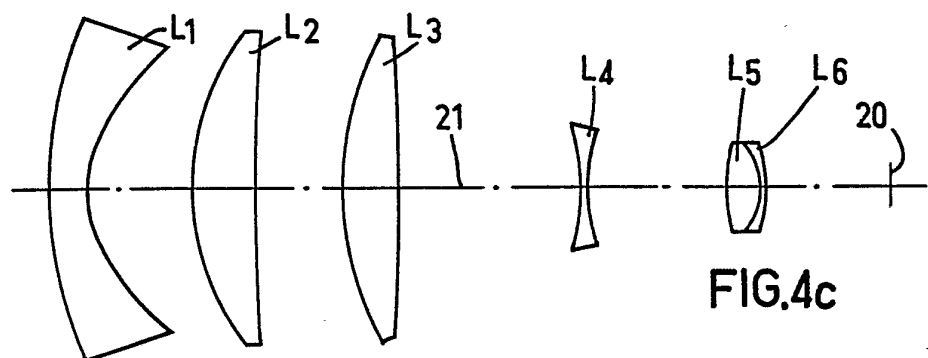
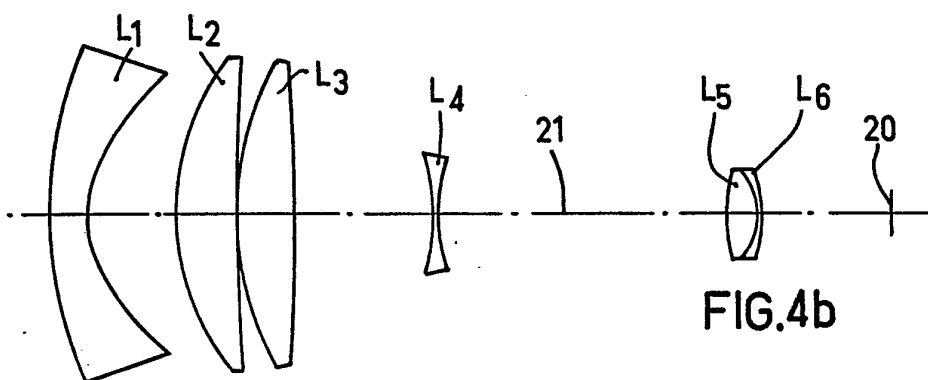
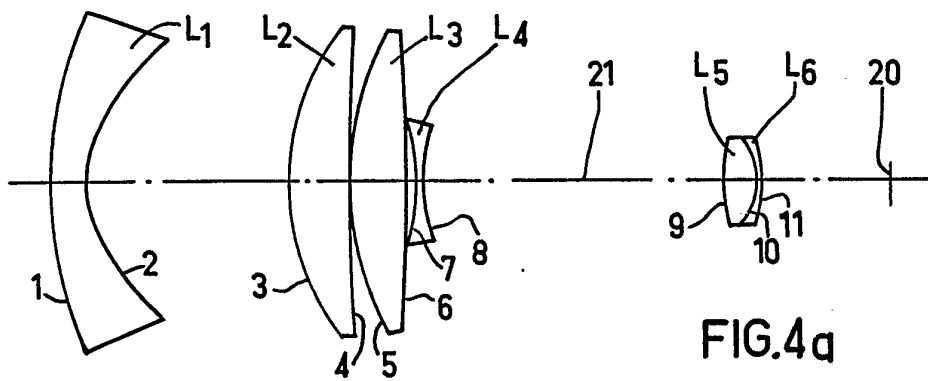
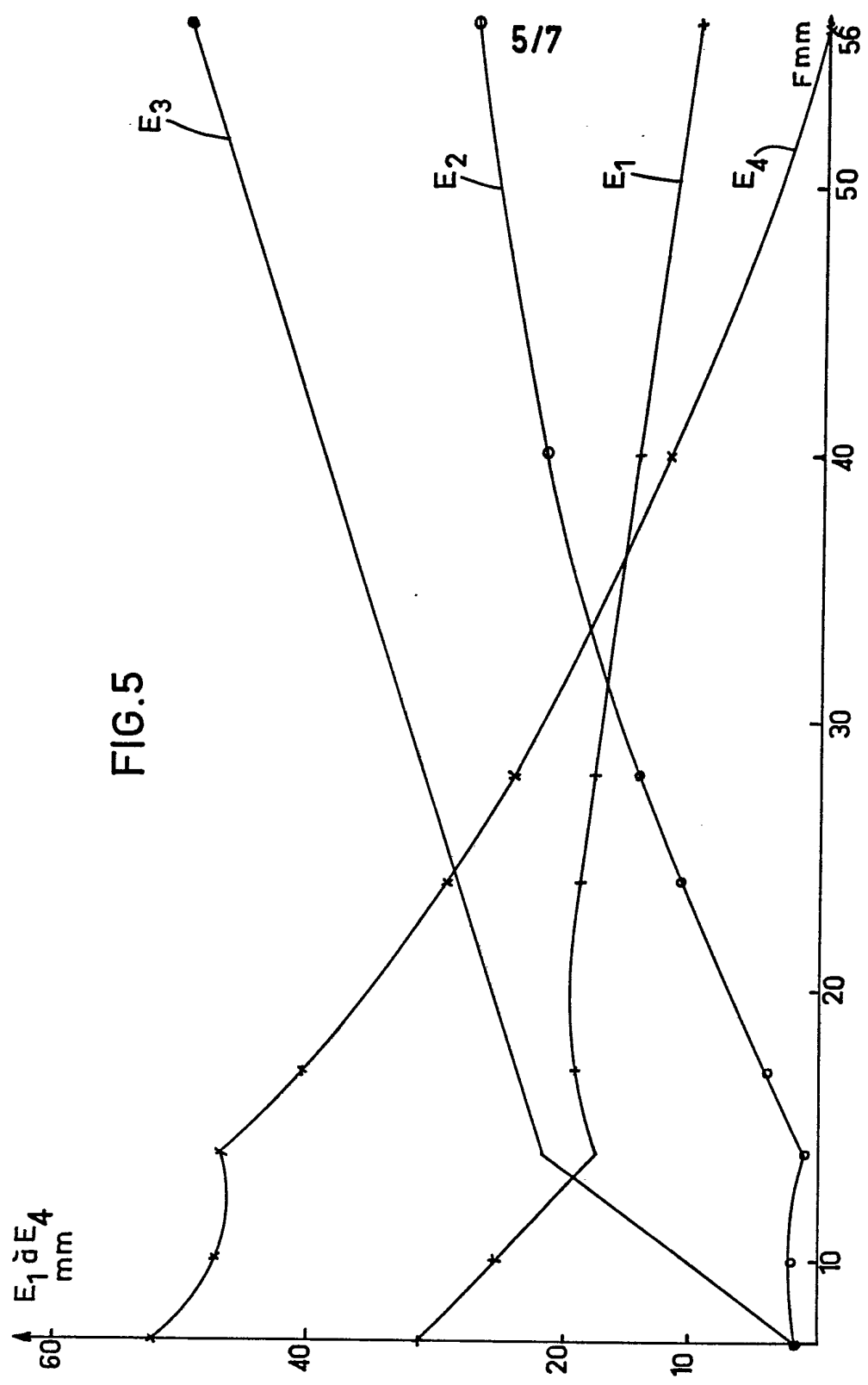


FIG.1









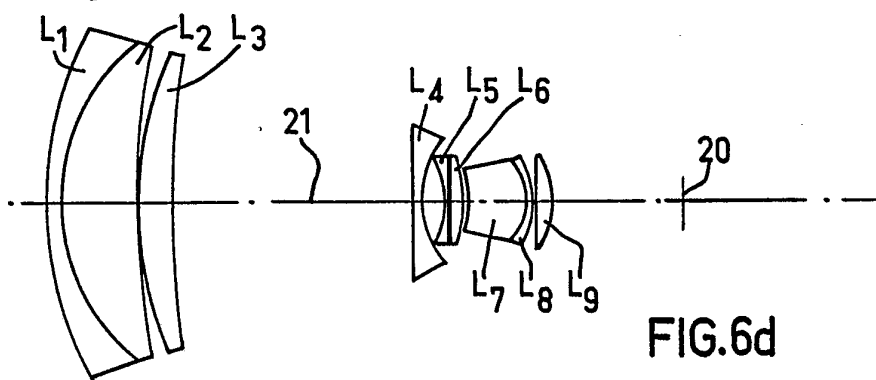
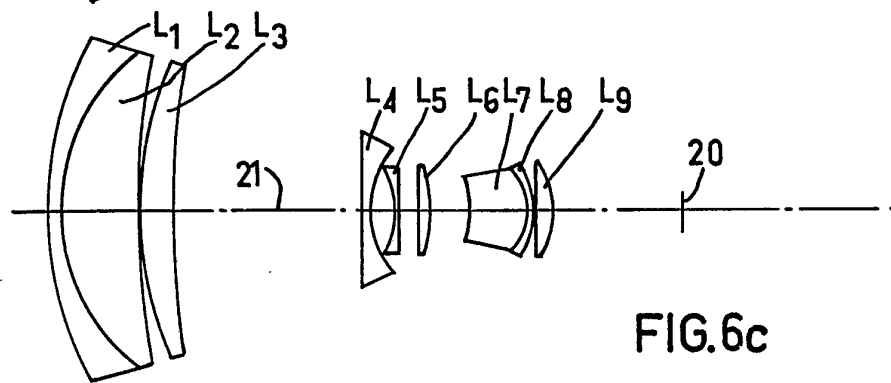
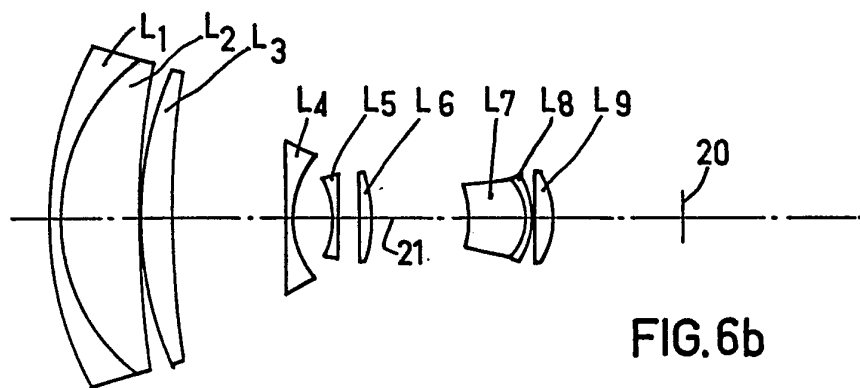
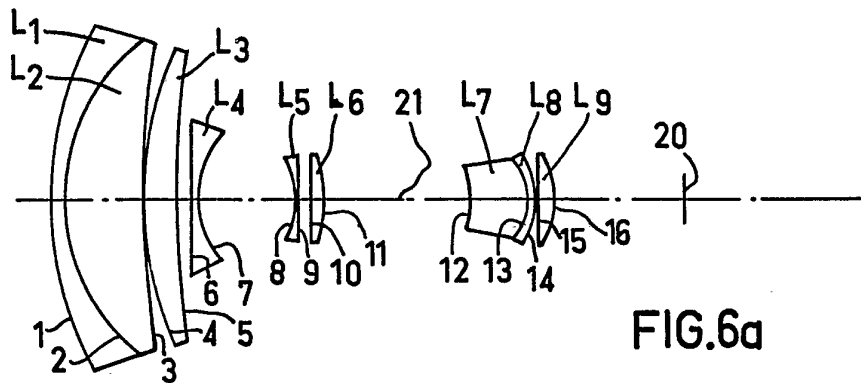


FIG.7

