



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 681 114 A5

⑥ Int. Cl. 5: G 02 B 11/34  
G 02 B 13/02  
G 03 B 37/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 917/90

⑦③ Inhaber:  
VEB Carl Zeiss Jena, Jena (DD)

㉒ Anmeldungsdatum: 20.03.1990

③① Priorität(en): 03.04.1989 DD 327201

⑦② Erfinder:  
Rieche, Gerd, Dr., Jena (DD)  
Risch, Gerhard, Weimar (DD)

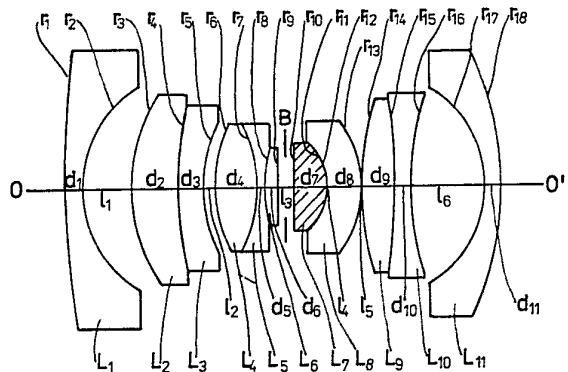
㉔ Patent erteilt: 15.01.1993

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.01.1993

⑦④ Vertreter:  
Bovard AG, Bern 25

⑤④ Weitwinkelobjektiv.

⑤⑦ Das Weitwinkelobjektiv kann als Aufnahmeobjektiv einer Luftbildmesskammer eingesetzt werden. Es besteht aus 11 Linsen und 14 Glas-Luft-Flächen. Sein erstes optisches Element bildseitig nach der Mittenblende (B) ist eine sammelnde Flussspat- oder flussspatähnliche Linse (L7). Durch die grosse Brechzahldifferenz zum darauffolgenden Meniskus (L8) und durch die hochbrechende Dreifachgruppe (L4, L5, L6) objektseitig vor der Mittenblende werden hohe Auflösung, geringe Restverzeichnung und minimale Farbquerfehler erreicht.



**Beschreibung**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Weitwinkelobjektiv gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches. Der Erfindungsgegenstand kann als Aufnahmeobjektiv in Luftbildmesskammern eingesetzt werden.

Bei Objektiven für die Luftbilddaufnahmetechnik sind flächengewichtetes Auflösungsvermögen (AWAR). Auflösung an der schlechtesten Bildstelle. Verzeichnung und Farbquerfehler die Hauptleistungsdaten zur Beschreibung der optischen Abbildungsleistung. Sie müssen in Relation zum technologischen Schwierigkeitsgrad zum Materialeinsatz und zur Masse bzw. Abmessung des Objektivs gesehen werden.

Es existieren derzeit drei qualitätsmässig vergleichbare Aufnahmeobjektive für Luftbildmesskammern:

– Das Universal Aviogon 15/4 UAG (f:4) besitzt mit einem AWAR von 75 L/mm, einer Auslösung von 40 L/mm an der schlechtesten Bildstelle und einer Verzeichnung von  $\pm 3 \mu\text{m}$ , gemessen an der Baulänge von ca. 372 mm und dem maximalen Linsendurchmesser von ca. 234 mm, und einer 13linsigen Objektivausführung mit je einer 3- und 4fach-Ansprenggruppe relativ niedrige Leistungsdaten. Diese Leistungsdaten für das AWAR und die Auflösung von der schlechtesten Bildstelle werden ausserdem nicht für die volle Öffnung  $k = 4$  erreicht, sondern erst im abgeblendeten Zustand mit  $k = 5,6$ . Damit ist die maximale Öffnung bei einer Forderung nach möglichst hoher Auflösung praktisch nicht nutzbar. Für dieses Objekt ist etwa 550 nm als Achromatisierungswellenlänge gewählt worden. Dadurch bleibt der Farbquerfehler im kurzwelligen Bereich für 480 nm unter  $20 \mu\text{m}$ . Im langwelligen Spektralbereich treten aufgrund des relativ grossen sekundären Spektrums bereits bei 650 nm 5 Farbquerfehler bis  $20 \mu\text{m}$  auf.

– Das Pleogon A 4/150 hat ein AWAR von 80 L/mm, eine Auflösung von 67 L/mm an der schlechtesten Bildstelle und eine Verzeichnung von  $\pm 5 \mu\text{m}$ . Darüber hinaus ist bekannt, dass die besten Exemplare dieses Typs ein AWAR bis 96 L/mm und eine Verzeichnung von  $\pm \mu\text{m}$  erreichen. Für die Achromatisierung des Farbquerfehlers wurde die Wellenlänge  $\lambda = 610 \text{ nm}$  gewählt. Aufgrund des relativ grossen sekundären Spektrums verbleibt für  $\lambda = 480 \text{ nm}$  ein Farbquerfehler von ca.  $60 \mu\text{m}$  und für 650 nm von ca.  $5 \mu\text{m}$ . Über Masse und Abmessung des Objektivs ist nichts bekannt. Der materielle Aufwand ist mit 9 Linsen relativ gering. Das Objektiv besitzt jedoch extreme Linsenformen mit einem Mittendickenverhältnis von etwa 30:1 und extremen Durchbiegungen, so dass es technologisch schwer herstellbar ist.

– Das Lamegon 4,5/150 DM besitzt ein AWAR von 90 L/mm, eine Auflösung von 70 L/mm an der schlechtesten Bildstelle und eine Verzeichnung von  $\pm 1 \mu\text{m}$ . Leistungsbegrenzend bei der optischen Abbildung wirkt sich bei diesem Objektiv der Farbquerfehler aus. Er beträgt für 480 nm, bezogen auf die Wellenlänge 640 nm, bei der die Achromatisierung liegt,  $30 \mu\text{m}$ . Im langwelligen Spektralbereich von 768 nm beträgt der Farbquerfehler  $20 \mu\text{m}$ . Das relativ grosse sekundäre Spektrum aller bekannten technischen Lösungen gewährleistet keine Unabhängigkeit der Verzeichnung von der spektralen Empfindlichkeit des Films. Es führt bei Farbaufnahmen zwangsläufig zu deutlich erkennbaren Farbsäumen und beeinträchtigt bei breitbandig sensibilisierten Schwarzweiss-Filmen das Auflösungsvermögen nachteilig. Das erzielte AWAR und das Auflösungsvermögen an der schlechtesten Bildstelle genügt nicht den höchsten Ansprüchen in der photogrammetrischen Aufnahmetechnik.

Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines Weitwinkelobjektivs als Aufnahmeobjektiv für Luftbildmesskammern mit anspruchsvollen Leistungsdaten und fertigungstechnisch günstigen Parametern unter Vermeidung der Nachteile des Standes der Technik.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein hochauflösendes Weitwinkelobjektiv mit einem Bildwinkel  $2\delta = 90^\circ$  und einer relativen Öffnung  $k = 4$  zu schaffen, das für eine Brennweite von 150 mm auf international üblichen hochauflösenden Luftbilddfilmen ein AWAR von 115 L/mm, an der schlechtesten Bildstelle eine Auflösung von 80 L/mm und eine Restverzeichnung kleiner  $\pm 1 \mu\text{m}$  aufweist, wobei das maximale Auflösungsvermögen für eine relative Öffnung  $k = 4,5$  erreicht werden und für die volle Öffnung der Leistungsabfall gering sein soll. Des weiteren sollen der Farbquerfehler im breitbandigen Spektralbereich von 480 nm–770 nm im gesamten Bildfeld kleiner als  $10 \mu\text{m}$  und der maximale Linsendurchmesser kleiner als  $2/3$  der Bilddiagonale sowie die Baulänge nicht grösser als die Bilddiagonale sein.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch ein Weitwinkelobjektiv, bestehend aus 11 Linsen und 14 Glas-Luft-Flächen, wobei in Lichtrichtung zentrisch zu einer optischen Achse 6 Linsen in Form eines zerstreuen Meniskus, einer zerstreuen Zweifach-Verbundgruppe und einer sammelnden Dreifach-Verbundgruppe vor einer Mittenblende und nach der Mittenblende 5 Linsen in Form einer sammelnden Zweifach-Gruppe, einer sammelnden Zweifach-Verbundgruppe und eines abschliessenden zerstreuen Meniskus angeordnet sind, wobei eine Linse aus Flussspat oder Fluorphosphatglas gefertigt ist, dadurch gelöst, dass die sammelnde Dreifach-Verbundgruppe aus einer Sammellinse, einer Zerstreulinse und einer weiteren Sammellinse aufgebaut ist, und dass die sammelnde Zweifach-Gruppe nach der Mittenblende eine sammelnde, aus Flussspat oder Fluorphosphatglas gefertigte Linse und einen zerstreuen Meniskus enthält, die durch einen Luftabstand von  $< 0,01 \text{ mm}$  voneinander getrennt sind.

Der Einsatz einer stark sammelnden Linse extrem niedriger Dispersion und hoher relativer Teildispersion, wie z.B. Flussspat oder Fluorphosphatglas, in unmittelbarer Nähe der Blende ermöglicht eine gleichzeitige Realisierung eines geringen sekundären Spektrums für den Farblängs- und Farbquerfehler

ler ohne störende Zonen des Farbquerfehlers. Die sehr grosse Brechzahldifferenz zwischen der Flussspatlinse und dem darauffolgenden Meniskus in Verbindung mit dem zwischen beiden Linsen vorhandenen, sehr schmalen Luftspalt schafft die Voraussetzung für eine sehr gute Korrektion des Öffnungsfehlers für die grosse relative Öffnung. Die nachteilige Wirkung der niedrig brechenden Flussspatlinse auf die Koma wird durch die hochbrechende blendenraumseitige Sammellinse der Dreifachgruppe kompensiert.

Die gewählten Linsenformen haben ein maximales Mittendickenverhältnis von 1:10 und sind damit einfach herstellbar.

Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen mit einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 das Linsenschnittbild eines erfindungsgemässen Objektivs,
- Fig. 2 den Öffnungsfehler,
- Fig. 3 die Bildfeldwölbung,
- Fig. 4 die Verzeichnung und
- Fig. 5 das sekundäre Spektrum für das konkrete Ausführungsbeispiel.

In Fig. 1 sind längs der optischen Achse 0-0', in Lichtrichtung gesehen, Linsen L1 bis L11 folgendermassen angeordnet:

– Vor einer Mittenblende B ein zerstreuer Meniskus L1, eine zerstreue Zweifach-Verbundgruppe L2, L3 und eine sammelnde Dreifach-Verbundgruppe L4, L5, L6 und nach der Blende B

– eine sammelnde Gruppe aus einer sammelnden Linse L7 und einem zerstreuen Meniskus L8, die durch einen geringen Luftabstand getrennt sind, und eine sammelnde Verbundgruppe L9, L10 sowie abschliessend einem zerstreuen Meniskus L11.

Die Linsen L1 bis L11 sind durch die Krümmungsradien  $r_1$  bis  $r_{13}$  ihrer Linsenflächen in fortlaufender Numerierung in Lichtrichtung bezeichnet.

In der gleichen Numerierung sind die längs der optischen Achse gemessenen Linsendicken  $d_1$  bis  $d_{11}$  und die Luftabstände  $l_1$  bis  $l_6$  zwischen den axialen Scheiteln der Linsen bezeichnet.

Die Brechzahlen der verwendeten Gläser sind mit  $n_1$  bis  $n_{11}$ , die Abbe-Zahlen mit  $V_1$  bis  $V_{11}$  in bekannter Weise ebenso gekennzeichnet, wobei diese Zahlen auf die e-Linie, d.h.  $\lambda = 546,0740$  nm, bezogen sind.

Die folgende Datentabelle enthält die konkreten Konstruktionsdaten eines erfindungsgemässen Weitwinkelobjektives, wobei die Längenangaben auf die Brennweite  $f = 1$  normiert sind.

Die Fig. 2 und 3 zeigen die gute geometrische optische Korrektion als Voraussetzung für die gute Auflösung.

In Fig. 4 ist die Verzeichnung und in Fig. 5 der Farbquerfehler des Objektivs dargestellt.

CH 681 114 A5

	Linsen	Radien	Dicken/ Luftabstände	Brechzahlen ne	Abbe-Zahlen Ve
5	L1	r1 = +4,2149			
		r2 = +0,4770	d1 = 0,0722	n1 = 1,51985	V1 = 60,80
			l1 = 0,2196		
10	L2	r3 = +0,6420			
		r4 = +1,9039	d2 = 0,2297	n2 = 1,70065	V2 = 46,67
	L3		d3 = 0,0984	n3 = 1,52294	V3 = 59,90
15		r5 = +0,7094			
			l2 = 0,0345		
	L4	r6 = +0,6349			
20			d4 = 0,1967	n4 = 1,69649	V4 = 53,29
		r7 = -0,6241			
	L5		d5 = 0,0394	n5 = 1,55156	V5 = 45,13
		r8 = +0,7164			
25	L6		d6 = 0,0623	n6 = 1,69649	V6 = 53,29
		r9 = +1,6418			
			l3 = 0,0842		
		r10 = -6,4468			
30	L7		d7 = 0,1280	n7 = 1,43495	V7 = 94,74
			r11 = -0,2319		
			l4 = 0,0017		
		r12 = -0,2333			
35	L8		d8 = 0,1588	n8 = 1,73430	V8 = 28,12
			r13 = -0,4537		
			l5 = 0,0013		
		r14 = +1,4434			
40	L9		d9 = 0,1645	n9 = 1,72794	V9 = 37,73
		r15 = -3,0995			
	L10		d10 = 0,0722	n10 = 1,57126	V10 = 55,73
45		r16 = +1,3011			
			l6 = 0,3330		
		r17 = -0,4671			
50	L11		d11 = 0,0722	n11 = 1,51859	V11 = 63,86
		r18 = -1,2586			

Patentansprüche

55 Weitwinkelobjektiv, bestehend aus 11 Linsen und 14 Glas-Luft-Flächen, wobei in Lichtrichtung zen-  
trisch zu einer optischen Achse (0-0') 6 Linsen (L1, L2, L3, L4, L5, L6) in Form eines zerstreuen-  
den Meniskus (L1), einer zerstreuen-  
den Zweifach-Verbundgruppe (L2, L3) und einer sammelnden Dreifach-  
Verbundgruppe (L4, L5, L6) vor einer Mittenblende (B) und nach der Mittenblende (B) 5 Linsen (L7, L8,  
L9, L10, L11), in Form einer sammelnden Zweifach-Gruppe (L7, L8), einer sammelnden Zweifach-Verbund-  
gruppe (L9, L10) und eines abschliessenden zerstreuen-  
den Meniskus (L11) angeordnet sind, wobei eine  
60 Linse aus Flussspat oder Fluorphosphatglas gefertigt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die sammelnde  
Dreifach-Verbundgruppe (L4, L5, L6) aus einer Sammellinse (L4), einer Zerstreuungslinse (L5) und ei-  
ner weiteren Sammellinse (L6) aufgebaut ist, und dass die sammelnde Zweifach-Gruppe (L7, L8) nach der  
Mittenblende (B) eine sammelnde, aus Flussspat oder Fluorphosphatglas gefertigte, Linse (L7) und ei-  
nen zerstreuen-  
65 den Meniskus (L8) enthält, die durch einen Luftabstand von < 0,01 mm voneinander ge-  
trennt sind.

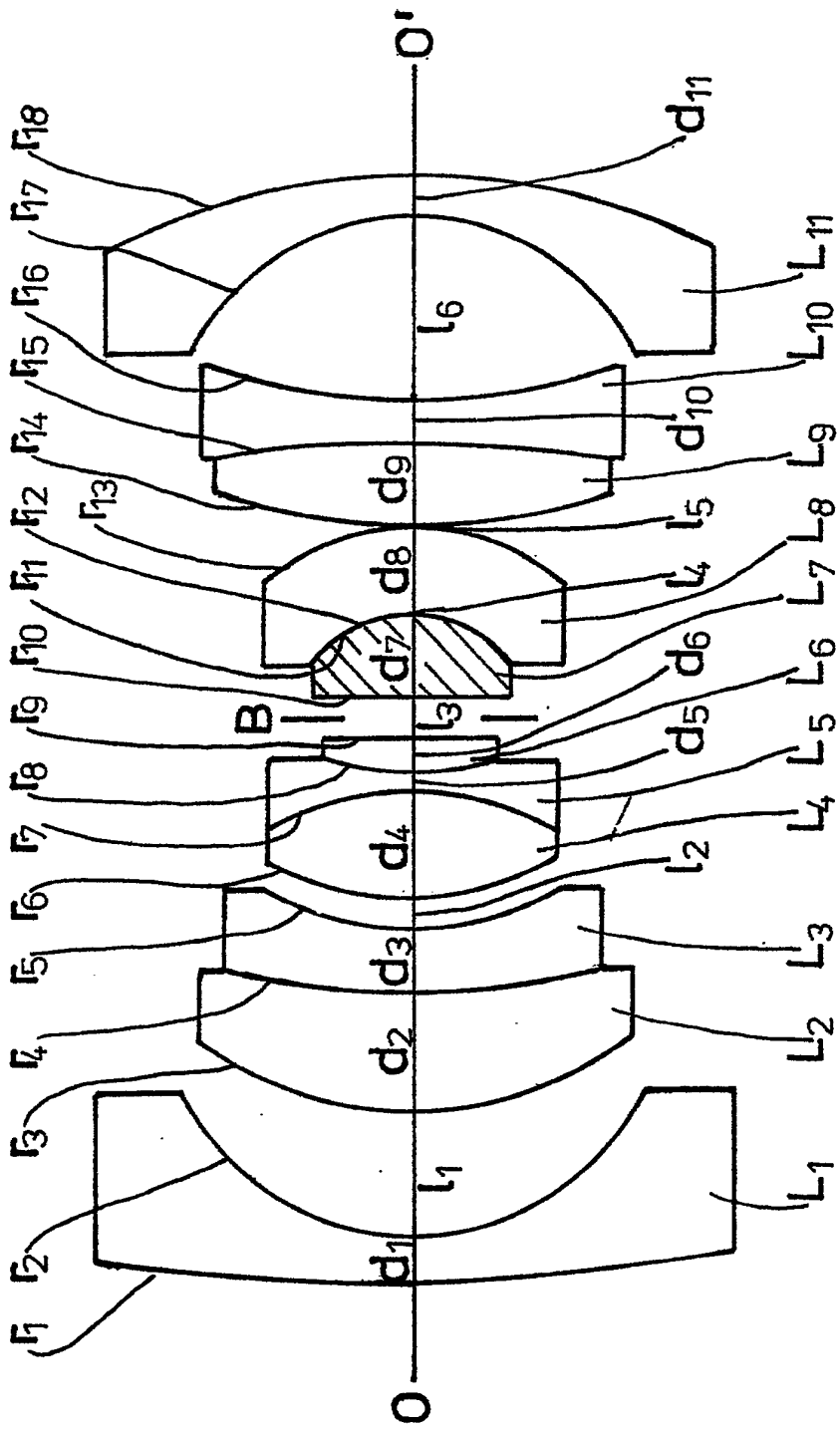


Fig.1

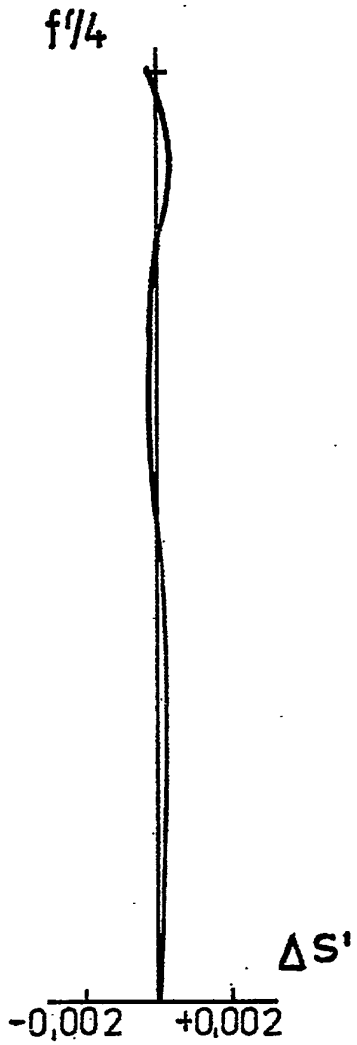


Fig. 2

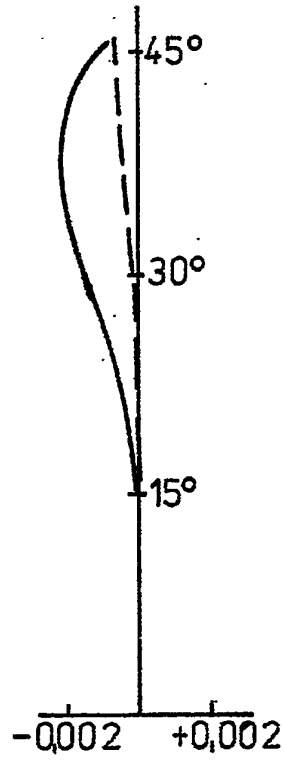


Fig. 3

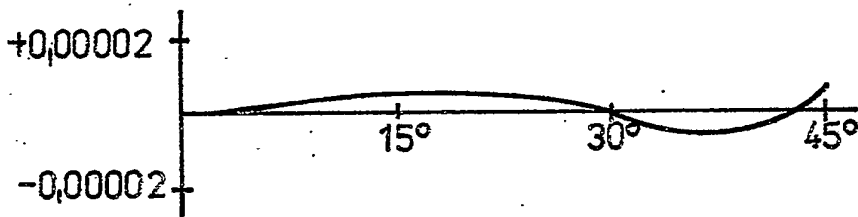


Fig. 4

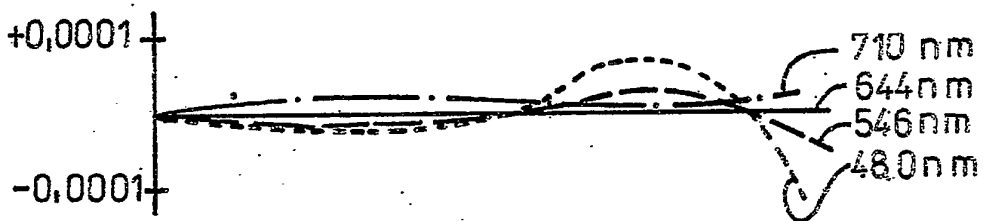


Fig. 5