

(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **282 302 A5**

5(51) G 02 B 13/04

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP G 02 B / 327 201 5 (22) 03.04.89 (44) 05.09.90

(71) siehe (73)

(72) Rieche, Gerd, Dr. Dipl.-Ing.; Risch, Gerhard, DD

(73) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD

(54) **Weitwinkelobjektiv**

(55) Optik; Objektiv; Weitwinkelobjektiv; Aufnahmeobjektiv; Luftbildmeßkammer; Flußspatlinse

(57) Die Erfindung umfaßt ein Weitwinkelobjektiv als Aufnahmeobjektiv einer Luftbildmeßkammer, bestehend aus 11 Linsen und 14 Glas-Luft-Flächen, dessen erstes optisches Element bildseitig nach der Mittenblende eine sammelnde Flußspat- oder flußspatähnliche Linse ist. Durch die große Brechzahldifferenz zum darauffolgenden Meniskus und durch die hochbrechende Dreifachgruppe objektseitig vor der Mittenblende werden hohe Auflösung, geringe Restverzeichnung und minimale Farbquerfehler erreicht.

Patentansprüche:

Weitwinkelobjektiv mit hoher Auflösung und geringer Restverzeichnung, bestehend aus 11 Linsen und 14 Glas-Luft-Flächen, indem in Lichtrichtung zentrisch zur optischen Achse 6 Linsen vor einer Mittenblende angeordnet sind, ein zerstreuer Meniskus eine zerstreuer 2fach Verbundgruppe und eine sammelnde Verbundgruppe und 5 Linsen nach der Mittenblende angeordnet sind, eine sammelnde Gruppe, eine sammelnde 2fach Verbundgruppe und abschließend ein zerstreuer Meniskus, wobei eine Linse aus Flußspat oder flußspatähnlichem Material ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die sammelnde Verbundgruppe aufgebaut ist aus einer hochbrechenden Sammellinse, einer Zerstreulinse und einer weiteren Sammellinse, und daß die sammelnde Gruppe nach der Mittenblende die sammelnde Flußspat- oder flußspatähnliche Linse und einen zerstreuer Meniskus enthält, die durch einen geringen Luftabstand voneinander getrennt sind.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung kann als Aufnahmeobjektiv in Luftbildmeßkammern eingesetzt werden.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bei Objektiven für die Luftbildaufnahmetechnik 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 Auflösung von 40 L/mm an der schlechtesten Bildstelle und einer Verzeichnung von +/- 3 µm gemessen an der Baulänge von etwa 372 mm und dem maximalen Linsendurchmesser von etwa 234 mm und einer 13linsigen Objektivausführung mit je einer 3- und 4fach Anspengruppe 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 µm. Im langwelligen Spektralbereich treten auf Grund des relativ großen sekundären Spektrums bereits bei 650 nm Farbquerfehler bis 20 µm auf.

- Das Pleogon A4/150 hat ein AWAR von 80 L/mm, eine Auflösung von 67 L/mm an der schlechtesten Bildstelle und eine Verzeichnung von +/- 5 µm. Darüber hinaus ist bekannt, daß die besten Exemplare dieses Types ein AWAR bis 96 L/mm und eine Verzeichnung von +/- 1 µm erreichen. Für die Achromatisierung des Farbquerfehlers wurde die Wellenlänge $\lambda = 610$ nm gewählt. Auf Grund des relativ großen sekundären Spektrums verbleibt für $\lambda = 480$ nm ein Farbquerfehler von etwa 60 µm und für 650 nm von etwa 5 µm. 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 +/- 1 µm. 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 µm. Im langwelligen Spektralbereich von 768 nm beträgt der Farbquerfehler 20 µm. 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 Schwarzweißfilmen 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

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.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein hochauflösendes Weitwinkelobjektiv mit einem Bildwinkel $2\sigma = 90$ Grad und einer relativen Öffnung $k = 4$ zu schaffen, das für eine Brennweite von 150mm auf international üblichen hochauflösenden Luftbildfilmen ein AWAR von 115L/mm, an der schlechtesten Bildstelle eine Auflösung von 80L/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 soll der Farbquerfehler im breitbandigen Spektralbereich von 480nm-770nm im gesamten Bildfeld kleiner $10 \mu\text{m}$ sein 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 mit hoher Auflösung und geringer Restverzeichnung, welches aus 11 Linsen und 14 Glas-Luft-Flächen aufgebaut ist, gelöst, indem in Lichtrichtung zentrisch zur optischen Achse 6 Linsen vor einer Mittenblende angeordnet sind, ein zerstreuer Meniskus, eine zerstreue zweifache Verbundgruppe und eine sammelnde Verbundgruppe und 5 Linsen nach der Mittenblende angeordnet sind, eine sammelnde Gruppe, eine sammelnde 2fach Verbundgruppe und abschließend ein zerstreuer Meniskus, wobei eine Linse aus Flußspat oder flußspatähnlichem Material ist und daß die sammelnde Verbundgruppe aufgebaut ist aus einer hochbrechenden Sammellinse, einer Zerstreulinse und einer weiteren Sammellinse und daß die sammelnde Gruppe nach der Mittenblende die sammelnde Flußspat- oder flußspatähnliche Linse und einen zerstreuen Meniskus enthält, die durch einen geringen Luftabstand voneinander getrennt sind.

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

Ausführungsbeispiel

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

- Fig. 1: zeigt 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 L 1 bis L 11 folgendermaßen angeordnet:
 - vor einer Mittenblende B ein zerstreuer Meniskus L 1, eine zerstreue 2fach Verbundgruppe L 2, L 3 und eine sammelnde 3fach Verbundgruppe L 4, L 5, L 6 und nach der Blende B
 - eine sammelnde Gruppe aus einer sammelnden Linse L 7 und einem zerstreuen Meniskus L 8, die durch einen geringen Luftabstand getrennt sind und eine sammelnde Verbundgruppe L 9, L 10 und abschließend einem zerstreuen Meniskus L 11.

Die Linsen L 1 bis L 11 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. $\lambda = 546,0740 \text{ nm}$ 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 geometrisch optische Korrektur als Voraussetzung für die gute Auflösung. In Fig. 4 ist die Verzeichnung und in Fig. 5 der Farbquerfehler des Objektivs dargestellt.

Linsen	Radien	Dicken/ Luftabstände	Brechzahlen ne	Abbe-Zahlen Ve
L 1	r 1 = +4,2149	d 1 = 0,0722 l 1 = 0,2196	n 1 = 1,51985	V 1 = 60,80
	r 2 = +0,4770			
	r 3 = +0,6420			
L 2	r 4 = +1,9039	d 2 = 0,2297	n 2 = 1,70065	V 2 = 46,67

Linsen	Radien	Dicken/ Luftabstände	Brechzahlen n_e	Abbe-Zahlen V_e
L3	$r5 = +0,7094$	$d3 = 0,0984$	$n3 = 1,52294$	$V3 = 59,90$
	$r6 = +0,6349$	$l2 = 0,0345$		
L4	$r7 = -0,6241$	$d4 = 0,1967$	$n4 = 1,69649$	$V4 = 53,29$
	$r8 = +0,7164$	$d5 = 0,0394$		
L5	$r9 = +1,6418$	$d6 = 0,0623$	$n5 = 1,55156$	$V5 = 45,13$
	$r10 = -6,4468$	$l3 = 0,0842$		
L6	$r11 = -0,2319$	$d7 = 0,1280$	$n6 = 1,69649$	$V6 = 53,29$
	$r12 = -0,2333$	$l4 = 0,0017$		
L7	$r13 = -0,4537$	$d8 = 0,1588$	$n7 = 1,43495$	$V7 = 94,74$
	$r14 = +1,4434$	$l9 = 0,0013$		
L8	$r15 = -3,0995$	$d9 = 0,1645$	$n8 = 1,73430$	$V8 = 28,12$
	$r16 = +1,3011$	$d10 = 0,0722$		
L9	$r17 = -0,4671$	$d11 = 0,0722$	$n9 = 1,72794$	$V9 = 37,73$
	$r18 = -1,2586$	$l6 = 0,3330$		
L10			$n10 = 1,57126$	$V10 = 55,73$
L11			$n11 = 1,51859$	$V11 = 63,86$

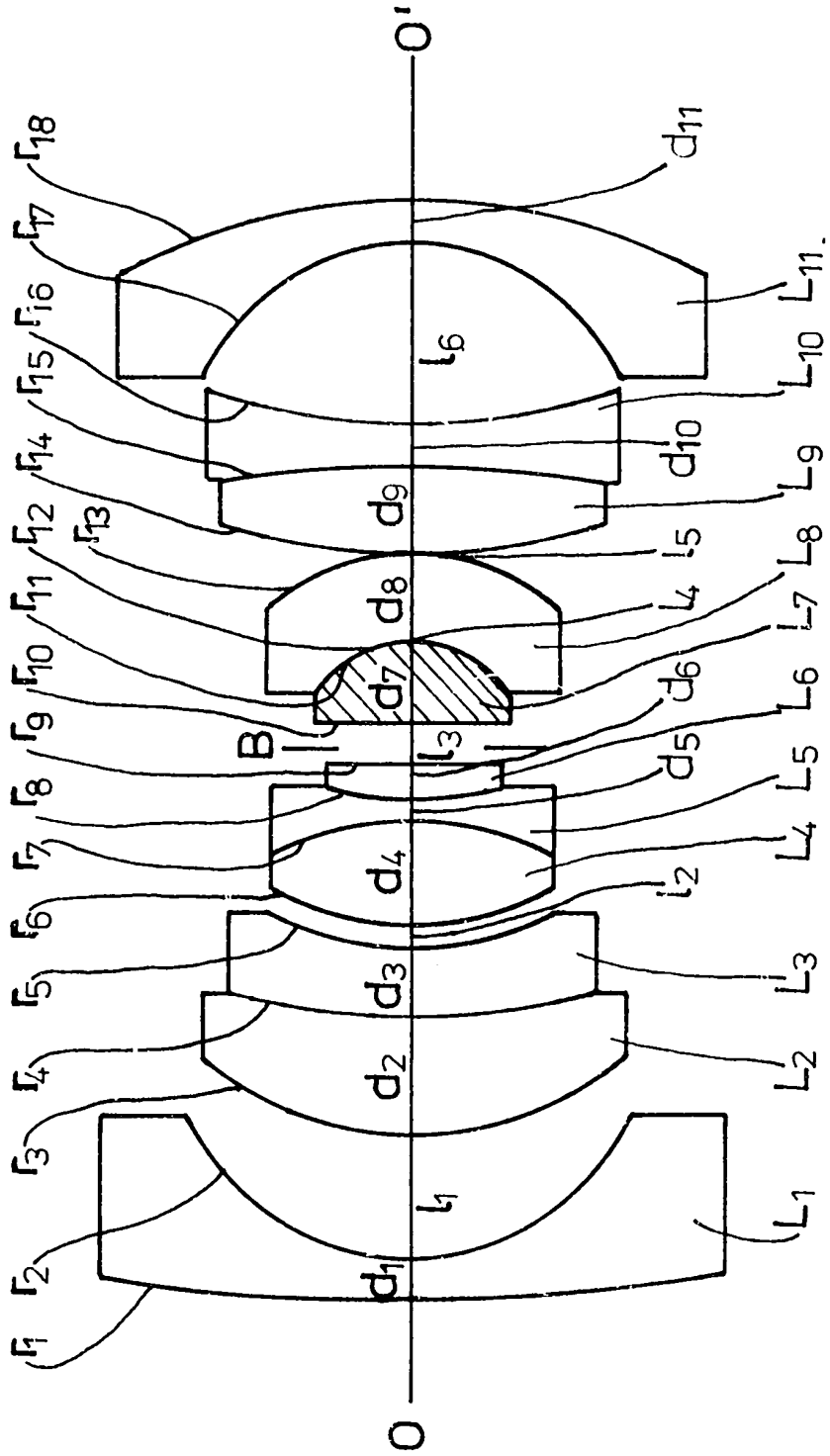


Fig.1

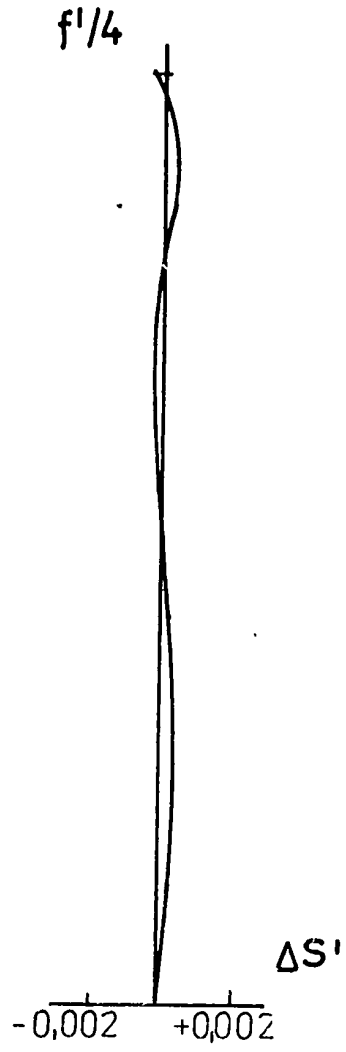


Fig. 2

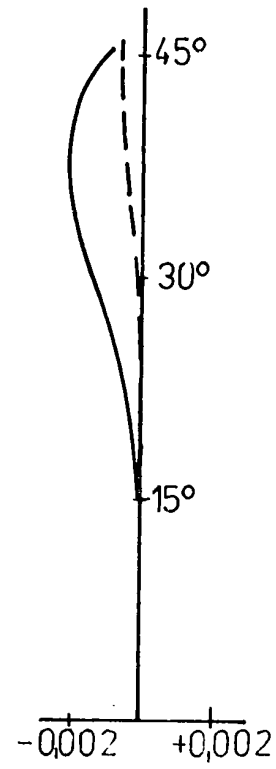


Fig. 3

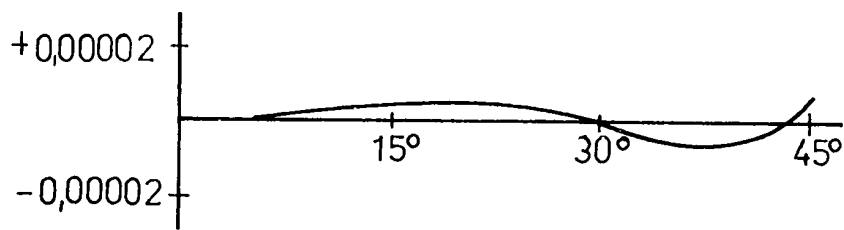


Fig. 4

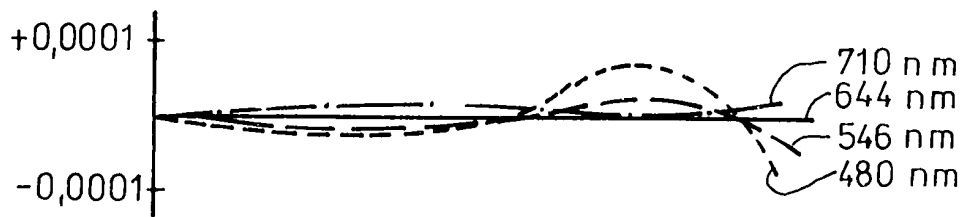


Fig. 5