



AUSLEGESCHRIFT 1 076 394

T 14479 IX/42h

ANMELDETAG: 4. DEZEMBER 1957

BEKANNTMACHUNG
DER ANMELDUNG
UND AUSGABE DER
AUSLEGESCHRIFT: 25. FEBRUAR 1960

1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Objektiv, hauptsächlich, wenn auch nicht ausschließlich, zur Verwendung bei der Photographie, der Art, die von sphärischer und chromatischer Aberration, Koma, Astigmatismus, Bildfeldwölbung und Verzeichnung korrigiert ist und zwei zusammengesetzte Meniskuskomponenten besitzt, deren der Luft ausgesetzte Oberflächen konkav zu einer zwischen ihnen angeordneten Blende sind und die zwischen einfachen, sammelnden Komponenten angeordnet sind. Objektive dieser Art mit vier Komponenten sind seit langem bekannt und sind in der Weise entwickelt worden, daß sie einen hohen Korrektionsgrad für alle primären Aberrationen besitzen. Es wurden bereits zahlreiche Abwandlungen der einfachen Vier-Komponenten-Objektive dieser Art vorgeschlagen, die oftmals fünf oder mehr Komponenten enthalten anstatt vier, um eine gute Korrektion zonaler sphärischer Aberration in einem Objektiv zu erhalten, das eine höhere relative Apertur besitzt als das Vier-Komponenten-Objektiv. Für ein Objektiv mit großem Bildfeld- oder Öffnungswinkel ist es jedoch wichtig, eine gute Korrektion für schiefe Aberrationen, besonders für schiefe sphärische Aberration, Astigmatismus und Koma, zu erhalten. Bisher war es nicht möglich, bei Objektiven der genannten Art mit großem Öffnungswinkel einen hohen Korrektionsstand für schiefe Aberrationen zu erreichen, es sei denn, man nahm eine geringere Korrektion für bestimmte andere Aberrationen, besonders für die zonale sphärische Aberration, in Kauf.

Die Erfindung bezweckt eine weitere Verbesserung an einem Objektiv dieser Art, bei dem ein hoher Korrektionsgrad für die schiefen Aberrationen bei größtmöglicher Befreiung von Vignettierungen über einen großen Öffnungswinkel, d. h. z. B. von mehr als 20° halber Öffnung für eine mittlere, z. B. zwischen $F/1,8$ und $F/3,0$ liegende relative Apertur erreicht werden kann, während außerdem ein hoher Korrektionsgrad für zonale sphärische Aberration und für die primären Aberrationen erhalten bleibt. Ein derartiges Objektiv ist als Standardobjektiv für einen großen Anwendungsbereich in der Photographie üblich, der langbrennweitige Objektive nicht erfordert.

Das erfindungsgemäße Objektiv enthält zwei zusammengesetzte Meniskuskomponenten, deren der Luft ausgesetzte Oberflächen zu einer zwischen ihnen angeordneten Blende konkav sind, eine einfache sammelnde Komponente vor diesen zusammengesetzten Komponenten und zwei einfache sammelnde Komponenten hinter diesen zusammengesetzten Komponenten, wobei die numerische Summe der Krümmungsradien der hinteren Oberfläche der vorderen zusammengesetzten Meniskuskomponente und der vorderen

Modifiziertes Gauss-Objektiv

Anmelder:

Taylor, Taylor & Hobson Limited,
Leicester (Großbritannien)

Vertreter: Dr. W. Schalk, Dipl.-Ing. P. Wirth,
Dipl.-Ing. G. E. M. Dannenberg
und Dr. V. Schmied-Kowarzik, Patentanwälte,
Frankfurt/M., Große Eschenheimer Str. 39

Beanspruchte Priorität:
Großbritannien vom 4. Dezember 1956

Gordon Henry Cook, Leicester (Großbritannien),
ist als Erfinder genannt worden

2

Oberfläche der hinteren zusammengesetzten Meniskuskomponente das 1,33- bis 2,33fache der axialen Länge des Luftspaltes zwischen diesen Oberflächen beträgt, während die axiale Dicke der vorderen zusammengesetzten Meniskuskomponente zwischen $0,1F$ und $0,16F$ liegt und die axiale Dicke der hinteren zusammengesetzten Komponente zwischen $0,08F$ und $0,14F$ liegt, wobei F die äquivalente Brennweite des ganzen Objektivs ist.

Die Ausdrücke »vordere« und »hintere« sind hierbei jeweils in der üblichen Bezeichnungsweise für die näher bei bzw. weiter entfernt von der längeren Konjugierenden liegenden Seite des Objektivs gebraucht, so daß das Licht durch das Objektiv, wenn dieses für photographische Zwecke gebraucht wird, von vorn nach hinten hindurchgeht.

Um die Korrektion der zonalen sphärischen Aberration aufrechtzuerhalten, liegt der Krümmungsradius der hinteren Fläche der hinteren zusammengesetzten Meniskuskomponente vorzugsweise zwischen $0,2F$ und $0,4F$, und die Brechkraft dieser Oberfläche liegt vorzugsweise zwischen dem 8- und 12fachen des reziproken Wertes der Summe der äquivalenten Brennweite der beiden hinteren einfachen Komponenten. Diese hintere zusammengesetzte Meniskuskomponente ist üblicherweise in Form eines Doubletts (Doppel-linse) ausgebildet, wobei, um zur Korrektion der schiefen Aberrationen und anderer Aberrationen von zweiter und höherer Ordnung einschließlich Kommas

höherer Ordnung beizutragen, die mittleren Brechungsindizes der Materialien seiner beiden Elemente vorzugsweise sich um weniger als 0,04 voneinander unterscheiden und die innere Berührungsfläche zwischen diesen Elementen konkav nach vorn ist, wobei der Krümmungsradius zwischen $0,5 F$ und $2 F$ beträgt.

Als Brechkraft einer Oberfläche ist die Größe zu verstehen, die mathematisch durch den Ausdruck $(n_1 - n)/R$ definiert ist, wobei n bzw. n_1 die mittleren Brechungsindizes der vor bzw. hinter der Fläche befindlichen Materialien darstellen und R der Krümmungsradius der Oberfläche ist, der als positiv betrachtet wird, wenn die Fläche nach vorn konvex, und negativ, wenn die Oberfläche nach vorn konkav ist. Dabei wirkt die Fläche sammelnd oder zerstreud, je nachdem, ob dieser mathematische Ausdruck positiv oder negativ ist.

Die Brechkraft der vorderen Fläche der vorderen zusammengesetzten Meniskuskomponente liegt vorzugsweise zwischen dem 2- und 3fachen der äquivalenten Brechkraft der vorderen einfachen Sammelkomponente. Diese vordere zusammengesetzte Meniskuskomponente ist gewöhnlich in Form eines Doubletts ausgebildet, wobei, um zur Korrektur der schiefen Aberrationen einschließlich des Kommas höherer Ordnung und zur Erhaltung der Korrektur für Bildfeldkrümmung und chromatische Aberrationen beizutragen, der mittlere Brechungsindex des Materials des vorderen Elementes vorzugsweise den des hinteren Elementes um einen Betrag übersteigt, der zwischen 0,06 und 0,12 liegt, und die innere Berührungsfläche zwischen diesen Elementen nach vorn konvex ist, wobei der Krümmungsradius zwischen $1,5 F$ und $5 F$ liegt.

Zur Vermeidung von Vignettierungen ist es vorteilhaft, die freien Aperturen der vorderen Fläche der vorderen Meniskus-Doubletten-Komponente und die hintere Fläche der hinteren Meniskus-Doubletten-Komponente als Begrenzungsaperturen für schiefe Bündel auszubilden.

Die Summe der äquivalenten Brechkraften der beiden zusammengesetzten Meniskuskomponenten liegt vorzugsweise zwischen dem $-0,6$ - und $-0,4$ fachen der äquivalenten Brechkraft des ganzen Objektivs, während die äquivalente Brennweite der einfachen und sammelnden Komponente vorzugsweise zwischen dem 1,2- und 2,0fachen der äquivalenten Brennweite der einfachen hinteren Komponente liegt, wobei die Summe dieser äquivalenten Brennweiten zwischen $3 F$ und $6 F$ beträgt.

Um zur Korrektur des Astigmatismus und der Aberrationen zweiter und höherer Ordnung beizutragen, ist die vordere und hintere Fläche der einfachen sammelnden vierten Komponente zweckmäßigerweise nach vorn konkav, wobei der Krümmungsradius zwischen $0,5 F$ und $3 F$ bzw. zwischen $0,4 F$ und F liegt, während die vordere und hintere Fläche der einfachen sammelnden hinteren Komponente jeweils nach vorn konvex bzw. konkav ist, wobei der Krümmungsradius jeweils $2 F$ bis ∞ bzw. F bis $2 F$ liegt.

Um ebenfalls zur astigmatischen Korrektur beizutragen, ist die hintere Fläche der einfachen vorderen Sammelkomponente am besten nach vorn konvex, wobei der Krümmungsradius zwischen dem 0,7- und 1,5fachen der äquivalenten Brennweite dieser Komponente liegt, die $1,25 F$ bis $1,75 F$ beträgt.

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Objektivs ist in der Zeichnung dargestellt, und Zahlenangaben für dieses Beispiel enthält die folgende Ta-

belle. In dieser stellen dar: $R_1, R_2 \dots$ usw. die Krümmungsradien der jeweiligen Oberflächen (hierbei bezeichnet ein Pluszeichen eine nach vorn konvexe Fläche und ein Minuszeichen eine nach vorn konkave Fläche); $D_1, D_2 \dots$ usw. stellen die axiale Dicke der Elemente dar, und $S_1, S_2 \dots$ usw. bezeichnen die axialen Luftzwischenräume zwischen den Komponenten. Die Tabelle gibt weiterhin die mittleren Brechungsindizes n_d für die D -Linie und die Abbeschen V -Zahlen für die in den Elementen benutzten Materialien bzw. Glassorten.

Äquivalente Brennweite 1000		Relative Apertur $F/2,0$	
Radius	Dicke oder Luftzwischenraum	Brechungsindex n_d	Abbesche V -Zahl
$R_1 + 0,5842$			
$R_2 + 1,3333$	$D_1 0,0795$	1,6935	53,50
$R_3 + 0,4094$	$S_1 0,0020$		
$R_4 + 3,1211$	$D_2 0,1060$	1,6935	53,50
$R_5 + 0,2587$	$D_3 0,0220$	1,6083	39,58
$R_6 - 0,2351$	$S_2 0,2904$		
$R_7 - 0,7194$	$D_4 0,0220$	1,7003	30,28
$R_8 - 0,2901$	$D_5 0,0854$	1,6935	53,50
$R_9 - 1,0341$	$S_3 0,0020$		
$R_{10} - 0,6757$	$D_6 0,0510$	1,6935	53,50
$R_{11} + 4,2230$	$S_4 0,0020$		
$R_{12} - 1,5925$	$D_7 0,0600$	1,6935	53,50

Bei diesem Beispiel ist das Objektiv über den großen Winkelbereich von 25° halber Öffnung in bezug auf eine in dem Luftzwischenraum zwischen den zwei zusammengesetzten Meniskuskomponenten angeordneten Blende korrigiert, die sich im Abstand von $0,1474 F$ vor der Oberfläche R_6 befindet.

Die Summe der Zahlenwerte der Krümmungsradien R_5 und R_6 beträgt $0,4938 F$, was dem 1,70fachen des axialen Luftzwischenraumes S_2 entspricht. Diese Radien sind ungewöhnlich klein für ein Objektiv der vorliegenden Art mit einer so hohen Öffnung wie $F/2,0$; und diese kleinen Werte dieser Radien R_5 und R_6 ermöglichen es, daß der axiale Luftzwischenraum S_2 nicht hinderlich groß zu sein braucht. Außerdem sind die axialen Dicken der zusammengesetzten Meniskuskomponenten ein wenig kleiner als üblich, wobei die Dicke der vorderen zusammengesetzten Meniskuskomponente zu $0,1280 F$ und die der hinteren zusammengesetzten Meniskuskomponente $0,1074 F$ beträgt, so daß der axiale Abstand zwischen den Flächen R_3 und R_8 bei dem vorliegenden Objektiv etwas kleiner ist und in der Tat noch kleiner ist, als das oben angegebene Verhältnis zwischen R_5, R_6 und R_2 annehmen ließe.

Der relativ geringe axiale Abstand zwischen den Flächen R_3 und R_8 in Verbindung mit den kleinen Radien R_5 und R_6 neigt dazu, einen unerwünschten Beitrag von zonaler spärischer Aberration einzuführen. Dies wird jedoch weitgehend dadurch überkompensiert, daß man den Flächen R_3 und R_8 , insbesondere der letzteren, eine hohe optische Kraft verleiht. Weiterhin neigt der große axiale Zwischenraum S_2 in Verbindung mit den kleinen Radien R_5 und R_6 dazu, einen

unerwünschten Betrag von Astigmatismus einzuführen. Die große optische Kraft der Flächen R_3 und R_8 führt zusammen mit Eigenschaften des einfachen äußeren Komponenten dazu, diese zu kompensieren.

In dem Beispiel beträgt die Brechkraft der Oberfläche R_3 $1,694/F$, was dem 2,434fachen der äquivalenten Kraft der vorderen einfachen sammelnden Komponente entspricht, während die Brechkraft der Oberfläche R_8 $2,391/F$ beträgt, was dem 10,36fachen des reziproken Wertes der Summe der äquivalenten Brennweiten der beiden hinteren einfachen sammelnden Komponenten entspricht. Die beiden Flächen R_3 und R_8 sind so ausgebildet, daß ihre freien Durchmesser in einem solchen Verhältnis zu den Durchmessern der anderen Oberflächen stehen, daß diese beiden freien Aperturen als Begrenzungsaperturen für schiefe Bündel wirken. Der etwas verkleinerte Abstand zwischen diesen Flächen R_3 und R_8 bewirkt in Verbindung mit den starken Krümmungen der Oberflächen R_3 und R_8 , daß diese wirksamen Begrenzungsöffnungen für schiefe Bündel näher zusammengebracht werden, so daß es möglich ist, die Vignettierung bedeutend zu verringern, ohne den Korrekursionsstand für Aberrationsfehler opfern zu müssen. In dem Beispiel betragen die freien Durchmesser der fünf Komponenten des Objektivs in der Reihenfolge von vorn nach hinten $0,570 F$, $0,463 F$, $0,391 F$, $0,482 F$ und $0,547 F$, während der Durchmesser bis zu den Fasen der Flächen R_5 und R_6 $0,361 F$ bzw. $0,329 F$ beträgt.

Auch die Krümmungsradien der Flächen der einfachen Komponenten sind wichtig für die Korrektur der Aberrationsfehler, besonders für die astigmatische Korrektur über den großen Winkelbereich des vorliegenden Objektivs. So ist insbesondere der Krümmungsradius der Oberfläche R_2 gleich dem 0,9278fachen der äquivalenten Brennweite der vorderen einfachen Komponente.

Ebenso ist die geeignete Auswahl der Glassorten für die beiden Doublettenkomponenten, die beide zerstreudend wirken, in Verbindung mit den obenerwähnten Eigenschaften für die Korrektur von Aberrationsfehlern zweiter und höherer Ordnung, einschließlich schiefer Aberrationen von Wichtigkeit, während sie die Korrektur der Bildfeldwölbung, der chromatischen Aberrationen und besonders für Komafehler aufrechterhält. So ist in der vorderen zusammengesetzten Meniskuskomponenten, die wie die hintere zusammengesetzte Meniskuskomponente eine Doublette ist, der mittlere Brechungsindex des Materials des vorderen Elementes um 0,0852 größer als der mittlere Brechungsindex des Materials des hinteren Elementes. In der hinteren Meniskus-Doubletten-Komponente unterscheiden sich die beiden Brechungsindizes der Materialien der Elemente voneinander um einen Betrag von 0,0068.

Weitere Beiträge zu der Korrektur von Aberrationsfehlern zweiter und höherer Ordnung werden durch geeignete Wahl der äquivalenten Brennweiten der drei einfachen Komponenten erhalten. In dem Beispiel beträgt die äquivalente Brennweite der vorderen einfachen Komponente $1,437 F$, so daß die äquivalente Brechkraft dieser Komponente $0,696/F$ beträgt. Die äquivalente Brennweite der einfachen vierten und fünften Komponente beträgt $2,656 F$ bzw. $1,675 F$, wobei die erstere gleich dem 1,585fachen der letzteren ist, und die Summe der äquivalenten Brennweiten dieser beiden Komponenten $4,331 F$ beträgt. Für die weitere Korrektur der Aberrationsfehler ist die Brechkraft der zerstreudenden Meniskus-Doubletten-Komponenten wichtig.

Die äquivalente Brennweite der vorderen und hinteren Meniskus-Doubletten-Komponente des Beispiels beträgt $2,642 F$ bzw. $7,736 F$, und die Summe der äquivalenten Brechkraft der beiden Komponenten ist $-0,508/F$.

Das Objektiv dieses Beispiels besitzt einen hinteren Brennpunktstand von $0,7017 F$.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Modifiziertes Gauss-Objektiv, das für sphärische und chromatische Aberrationen, Koma, Astigmatismus, Bildfeldwölbung und Verzeichnung korrigiert ist und zwei zusammengesetzte Meniskuskomponenten besitzt, deren der Luft ausgesetzte Flächen zu einer zwischen ihnen angeordneten Blende konkav sind, und das eine einfache sammelnde Komponente von diesen zusammengesetzten Komponenten und zwei einfache sammelnde Komponenten hinter diesen zusammengesetzten Komponenten besitzt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die numerische Summe der Krümmungsradien der hinteren Fläche der vorderen zusammengesetzten Meniskuskomponente und der vorderen Fläche der hinteren zusammengesetzten Meniskuskomponente das 1,33- bis 2,33fache der axialen Länge des Luftzwischenraumes zwischen diesen Flächen beträgt, während die axiale Dicke der vorderen zusammengesetzten Meniskuskomponente zwischen $0,1 F$ und $0,16 F$ liegt und die axiale Dicke der hinteren zusammengesetzten Meniskuskomponente zwischen $0,08 F$ und $0,14 F$ liegt, wobei F die äquivalente Brennweite des ganzen Objektivs ist.

2. Objektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Krümmungsradius der hinteren Fläche der hinteren zusammengesetzten Meniskuskomponente zwischen $0,2 F$ und $0,4 F$ liegt und die Brechkraft dieser Oberfläche zwischen dem 8- und 12fachen des reziproken Wertes der Summe der äquivalenten Brennweiten der beiden einfachen hinteren Komponenten liegt.

3. Objektiv nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die hintere zusammengesetzte Meniskuskomponente eine Doublette ist, bei der sich die mittleren Brechungsindizes der Werkstoffe der beiden Elemente voneinander um einen Betrag von weniger als 0,04 unterscheiden, während die innere Berührungsfläche zwischen diesen Elementen konkav nach vorn ist und einen Krümmungsradius besitzt, der zwischen $0,5 F$ und $2 F$ liegt.

4. Objektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Brechkraft der vorderen Fläche der vorderen zusammengesetzten Meniskuskomponente zwischen dem 2- und 3fachen der äquivalenten Brechkraft der vorderen einfachen sammelnden Komponente liegt.

5. Objektiv nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die vordere zusammengesetzte Meniskuskomponente eine Doublette ist, bei der der mittlere Brechungsindex des Werkstoffs des vorderen Elementes den des hinteren Elementes um einen Betrag von 0,06 bis 0,12 übersteigt, während die innere Berührungsfläche dieser beiden Elemente nach vorn konvex ist und einen Krümmungsradius besitzt, der zwischen $1,5 F$ und F liegt.

6. Objektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Summe der äquivalenten Brechkraft der beiden zusammengesetzten Meniskuskomponenten zwischen dem $-0,6$ - und $-0,4$ fachen der äquivalenten Brechkraft des ganzen Objektivs liegt, während die äquivalente Brenn-

7

weite der einfachen sammelnden vierten Komponente zwischen dem 1,2- und 2,0fachen der äquivalenten Brennweite der einfachen sammelnden hinteren Komponente liegt, wobei die Summe dieser äquivalenten Brennweiten zwischen $3F$ und $6F$ 5 liegt.

7. Objektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die vordere und hintere Fläche der einfachen vierten Komponente nach vorn konkav sind und einen Krümmungsradius be- 10 sitzen, der zwischen $0,5F$ und $3F$ bzw. zwischen $0,4F$ und F liegt, während die vordere und hintere

8

Fläche der einfachen sammelnden hinteren Komponente nach vorn konvex bzw. konkav ist und jeweils einen Krümmungsradius besitzt, der zwischen $2F$ und ∞ bzw. zwischen F und $2F$ liegt.

8. Objektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die hintere Oberfläche der einfachen sammelnden vorderen Komponente nach vorn konvex ist und einen Krümmungsradius besitzt, der zwischen dem 0,7- und 1,5fachen der äquivalenten Brennweite dieser Komponente liegt, wobei diese äquivalente Brennweite zwischen $1,25F$ und $1,75F$ liegt.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

