



AUSLEGESCHRIFT

1 172 874

Internat. Kl.: G 02 b

Deutsche Kl.: 42 h - 4/08

Nummer: 1 172 874

Aktenzeichen: T 15463 IX a / 42 h

Anmeldetag: 2. August 1958

Auslegetag: 25. Juni 1964

1

Die Erfindung bezieht sich auf ein modifiziertes Gauß-Objektiv, hauptsächlich, wenn auch nicht ausschließlich, zur Verwendung in der Fotografie, das für sphärische und chromatische Aberration, Koma, Astigmatismus, Bildfeldwölbung und Verzeichnung korrigiert ist und fünf Komponenten besitzt, und zwar zwei zusammengesetzte Meniskuskomponenten, von denen jede aus einem sammelnden und einem zerstreuen Element besteht, deren der Luft ausgesetzte Innenflächen zu einer zwischen ihnen angeordneten Blende konkav sind, wobei vor diesen Menisken eine einfache sammelnde Komponente und hinter diesen Menisken zwei einfache sammelnde Komponenten angeordnet sind. Die Ausdrücke »vorn« und »hinten« sind hier in ihrer üblichen Bedeutung angewandt und bezeichnen die Seiten des Objektivs, die näher bei bzw. weiter weg von der längeren Konjugierenden liegen, so daß das Licht das Objektiv bei dessen Verwendung zu fotografischen Zwecken von vorn nach hinten durchdringt.

Ein von dem Erfinder vorgeschlagenes Objektiv der eingangs genannten Art in verbesserter Form besitzt eine mäßige hintere Schnittweite und einen hohen Korrekursionsstand sowohl für zonale sphärische Aberrationen als auch für schiefe Aberrationen über einen großen Feldwinkel für eine mittlere oder große relative Öffnung etwa zwischen $F/1,8$ und $F/3,0$ und dabei gleichwohl einen hohen Korrekursionsgrad für primäre Aberrationen. Bei diesem Objektiv liegt die numerische Summe der Krümmungsradien der hinteren Oberfläche der vorderen zusammengesetzten Meniskuskomponente und der vorderen Oberfläche der hinteren zusammengesetzten Meniskuskomponente zwischen dem 1,33- und 2,33fachen der axialen Länge des Luftzwischenraumes zwischen diesen Oberflächen, 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 $0,14 F$ beträgt, wobei F die äquivalente Brennweite des gesamten Objektivs ist.

Bei einem anderen, von dem Erfinder vorgeschlagenen Objektiv der eingangs genannten allgemeinen Art, das jedoch eine große hintere Schnittweite besitzt, wird ein hoher Korrekursionsstand sowohl für die Korrektur primärer Aberrationen als auch für die Aberrationen höherer Ordnung, insbesondere zonale sphärische Aberration, bei einer hohen relativen Öffnung, z. B. in der Größenordnung von $F/1,4$ erreicht. Bei diesem Objektiv liegt die Summe der Zahlenwerte der Krümmungsradien der hinteren Oberfläche der vorderen zusammengesetzten Meniskus-

Modifiziertes Gauß-Objektiv

Anmelder:

5 Taylor, Taylor & Hobson Ltd., Leicester (Großbritannien)

Vertreter:

10 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

Als Erfinder benannt:

15 Gordon Henry Cook, Leicester (Großbritannien)

Beanspruchte Priorität:

20 Großbritannien vom 16. August 1957 (25 927) --

2

komponente und der vorderen Oberfläche der hinteren zusammengesetzten Meniskuskomponente zwischen dem 1,33- und 2,33fachen der axialen Länge des Luftzwischenraumes zwischen diesen Oberflächen, während die Summe der äquivalenten Brechkraften der beiden zusammengesetzten Meniskuskomponenten zwischen $-0,7/F$ und $-1,1/F$ liegt, wenn F die äquivalente Brennweite des Objektivs ist und das Minuszeichen zerstreuende Brechkraft bezeichnet, und wobei die Brechkraft der hinteren Oberfläche der hinteren zusammengesetzten Meniskuskomponente zwischen dem 2- und dem 7fachen des reziproken Wertes der Summe der äquivalenten Brennweiten der beiden einfachen sammelnden hinteren Komponenten liegt. Hierbei ist die Brechkraft einer Oberfläche eine mathematisch durch den Ausdruck $\frac{n' - n}{R}$

definierte Größe, wobei n und n' die mittleren Brechzahlen des Materials vor bzw. hinter der Oberfläche sind und R den Krümmungsradius der betrachteten Oberfläche darstellt, der positiv ist, wenn die Fläche nach vorn konvex ist, und negativ, wenn die Fläche nach vorn konkav ist, und wobei die Brechkraft sammelnd oder zerstreuend wirkt, je nachdem, ob dieser mathematische Ausdruck positiv oder negativ ist.

Die Erfindung bezweckt, ein weiteres Objektiv der eingangs genannten Art für Verwendungszwecke zu schaffen, bei denen keine große hintere Schnitt-

weite verlangt wird, aber bei denen ebenfalls die hohe relative Öffnung in der Größenordnung von $F/1,4$ erreicht wird. Ein solches Objektiv besitzt in diesem Fall eine beträchtlich verbesserte Korrektur für Verzeichnungen und für axiale und Schiefwinkelaberrationen und ist noch mehr von Vignettierung befreit. Dieses verbesserte Objektiv ist für Teleaufnahmen und für andere Zwecke geeignet, für die bisher Objektive anderer Typen mit geringerer Qualität Verwendung fanden.

Ausgehend von der eingangs genannten Objektivbauart mit zwei zusammengesetzten Meniskuskomponenten in Form von Dubletten, deren Flächen (einschließlich der inneren Berührungsflächen) sämtlich konkav zu einer im Luftzwischenraum zwischen diesen Komponenten angeordneten Blende sind, ist das erfindungsgemäße Objektiv durch die Kombination der folgenden Merkmale gekennzeichnet:

$$1,33 S_2 < R_5 + R_6 < 2,0 S_2, \quad (1)$$

$$F < R_4 < 4,33 F, \quad (2)$$

$$F < R_7 < 10 F, \quad (3)$$

$$\frac{5}{f_4 + f_5} < \frac{n_5 - 1}{R_8} < \frac{10}{f_4 + f_5}, \quad (4)$$

$$0,05 < n_2 - n_3 < 0,13, \quad (5)$$

$$n_3 < \frac{n_2 + n_4}{2}, \quad (6)$$

$$n_4 - n_5 < \pm 0,04, \quad (7)$$

$$\frac{0,2}{F} < \frac{1}{f_{123}} < \frac{0,5}{F}, \quad (8)$$

$$\frac{2,1}{F} < \frac{n_4 - 1}{R_6} < \frac{2,9}{F}, \quad (9)$$

$$0 < \frac{n_1 + n_2 + n_5 + n_6 + n_7}{5} - \frac{n_3 + n_4}{2} < 0,08, \quad (10)$$

wobei F die äquivalente Brennweite des gesamten Objektivs, S_2 die axiale Länge des Luftzwischenraums zwischen den Meniskuskomponenten, R die von vorn gezählten Krümmungsradien der Oberflächen, n die Brechungsindizes der von vorn gezählten Elemente,

f die Brennweiten der Komponenten sind und f_{123} die zusammengesetzte äquivalente Brechkraft der drei vorderen Komponenten ist.

Bei einem bekannten Vierkomponentenobjektiv wird eine ähnliche Bauweise des mittleren Teils angewandt, um zur Korrektur der schiefen, sphärischen Aberration beizutragen. Bei diesem bekannten Objektiv ist jedoch die Konstruktion so gewählt, daß schiefe sphärische Aberration mit zentraler sphärischer Aberration ausgeglichen wird, um dadurch eine bestmögliche Stabilisierung der Aberration über den Feldwinkel zu erhalten. Diese bekannte Korrektionsweise führt zu beträchtlicher Vignettierung. Im Gegensatz dazu besitzt das erfindungsgemäße Objektiv zwei einfache hintere Komponenten, die nicht in herkömmlicher Weise dazu verwendet werden, eine höhere relative Öffnung zu erhalten, sondern so ausgebildet sind, daß sie einen größeren Beitrag zur Korrektur zentraler sphärischer Aberration und Verzeichnung liefern. Auf diese Weise wurde es trotz Beibehaltung der gleichen Größenverhältnisse bei der Bauweise

des mittleren Objektivteils möglich gemacht, im wesentlichen durch Verwendung von Elementen, deren Materialien in geeigneter Weise zueinander in Beziehung stehende Brechungszahlen aufweisen, einen hohen Korrektionsgrad für schiefe sphärische Aberration und Koma und zugleich größtmögliche Vermeidung von Vignettierung zu erzielen. Darüber hinaus gestattet die neue Bauweise, daß die Brechkraft am vorderen Objektivteil in Verbindung mit den Brechzahlen der Materialien der Elemente des vorderen Objektivteils so gewählt werden kann, daß sie noch zusätzlich zur Korrektur schiefer sphärischer Aberration und Verzeichnung beiträgt. Zur vorstehenden Ungleichung (7) sei noch bemerkt, daß zwar die Brechzahl n_4 sowohl größer als auch kleiner als n_5 oder gleich n_5 sein kann, aber, wenn Gleichheit nicht vorliegt, die Differenz von n_4 und n_5 klein und jedenfalls kleiner als 0,04 sein soll.

Bei dem erfindungsgemäßen Objektiv sind die ungewöhnlich kleinen Krümmungsradien der den Blendenlufttraum begrenzenden Oberflächen in Verbindung mit diesem relativ kleinen Luftzwischenraum wichtig, um Vignettierung zu vermindern, ohne einen wesentlichen Verlust an Korrektur für Aberrationen in Kauf nehmen zu müssen. Indirekt sind in diesem Zusammenhang auch die Krümmungsradien der Berührungs- oder Kittflächen der Meniskusdublettenkomponenten wichtig, während die hohe Brechkraft der hinteren Oberfläche der hinteren Meniskusdublettenkomponente im Verhältnis zur Summe der äquivalenten Brennweiten der beiden einfachen sammelnden hinteren Komponenten zur Verbesserung der Korrektur für Verzeichnungen und axiale und zonale Aberrationen von Bedeutung ist und die Wahl der Materialien für die Elemente der Dublettenkomponenten wesentlich zur Korrektur von schiefen Aberrationen beiträgt.

Als Beitrag zur Erzielung einer guten Korrektur für Verzeichnung, Astigmatismus und Aberrationen höherer Ordnung liegt die äquivalente Brennweite der einfachen sammelnden vorderen Komponente vorzugsweise zwischen $1,33 F$ und $2,0 F$ und zwischen dem 0,44- und dem 1,33fachen des Krümmungsradius der hinteren Oberfläche dieser Komponente, die nach vorn konvex ist, und die äquivalente Brennweite der einfachen sammelnden vierten Komponente liegt zwischen dem 1,0- und dem 3fachen derjenigen der einfachen sammelnden hinteren Komponenten, wobei die Summe der äquivalenten Brennweiten dieser beiden einfachen hinteren Komponenten zwischen $2,33 F$ und $5,5 F$ liegt.

Um zu der Korrektur von Aberrationen und insbesondere zentraler Aberrationen und Astigmatismus beizutragen, soll der Krümmungsradius der hinteren Oberfläche der hinteren Meniskusdublettenkomponente zwischen $0,3 F$ und $0,6 F$ betragen und die Krümmungsradien der hinteren Oberfläche der beiden einfachen hinteren sammelnden Komponenten je zwischen F und $3 F$ liegen, wobei diese Oberflächen nach vorn konkav sind und die vordere Oberfläche der einfachen sammelnden hinteren Komponente nach vorn konvex ist und einen zwischen F und $3,5 F$ liegenden Krümmungsradius besitzt, während die vordere Oberfläche der einfachen sammelnden vierten Komponente einen verhältnismäßig großen Krümmungsradius besitzt, der größer als $4 F$ ist, und zwar sowohl wenn diese Oberfläche nach vorn konkav ist, als auch wenn sie nach vorn konvex ist.

Die beiden Meniskusdublettenkomponenten sind vorzugsweise zerstreud, und die numerische Summe ihrer äquivalenten Brechkräfte liegt zwischen $0,25/F$ und $0,66/F$, während die axiale Dicke dieser Komponenten bei beiden zwischen $0,14 F$ und $0,24 F$ liegt und die Brechkraft der vorderen Oberfläche der vorderen Meniskusdublettenkomponente zwischen dem 2,0- und dem 3,0fachen der äquivalenten Brechkraft der einfachen sammelnden vorderen Komponente liegt.

Fernerhin ist es zur Vermeidung von Vignettierung vorteilhaft, die freien Öffnungen der vorderen Oberfläche der vorderen Meniskusdublettenkomponente und der hinteren Oberfläche der hinteren Meniskusdublettenkomponente als Begrenzungsaperturen für schiefe Bündel auszubilden. Die Abbéschen V -Zahlen der für die einzelnen Elemente verwendeten Materialien sind wichtig zur Erzielung einer Korrektur für chromatische Aberrationen. Vorzugsweise ist der Durchschnittswert der Abbéschen V -Zahlen der Materialien der fünf sammelnden Elemente um einen zwischen 15,0 und 27,0 liegenden Betrag größer als der Durchschnittswert der Abbéschen V -Zahlen der Materialien für die beiden Zerstreuelemente.

Die Zahlenwerte für vier praktische Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Objektivs sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt, und in der Zeichnung ist zur Erläuterung der allgemeinen Form eines erfindungsgemäßen Objektivs für alle vier Beispiele ein nach den im Beispiel 2 gegebenen Daten ausgebildetes Objektiv dargestellt.

In den Tabellen sind $R_1, R_2 \dots$ die Krümmungsradien der betreffenden Oberflächen, wobei ein Pluszeichen angibt, daß die Oberfläche nach vorn konvex ist, und ein Minuszeichen eine nach vorn konkave Oberfläche bezeichnet, und sind $D_1, D_2 \dots$ die axiale Dicke der Elemente und $S_1, S_2 \dots$ der axiale Luftzwischenraum zwischen zwei Komponenten. Die Tabellen geben fernerhin die mittleren Brechungsindizes n_d für die D -Linie und die Abbéschen V -Zahlen der Materialien an, die für die einzelnen Objektiv-elemente verwendet werden.

Beispiel I

Äquivalente Brennweite 1,000 Relative Apertur $F/1,4$

Radius	Dicke bzw. Luftzwischenraum	Brechungsindex n_d	Abbésche V -Zahl
$R_1 = +0,7261$	$D_1 = 0,1141$	1,65100	58,60
$R_2 = +2,2821$	$S_1 = 0,0020$		
$R_3 = +0,4591$	$D_2 = 0,1651$	1,69680	55,61
$R_4 = +2,5000$	$D_3 = 0,0340$	1,60545	38,03
$R_5 = +0,2733$	$S_2 = 0,3316$		
$R_6 = -0,2785$	$D_4 = 0,0220$	1,70035	30,28
$R_7 = -2,5000$	$D_5 = 0,1550$	1,69680	55,61
$R_8 = -0,3691$	$S_3 = 0,0020$		
$R_9 = -20,0000$	$D_6 = 0,0650$	1,69350	53,51
$R_{10} = -1,5104$	$S_4 = 0,0020$		
$R_{11} = +2,2805$	$D_7 = 0,0750$	1,69350	53,51
$R_{12} = -1,6935$			

Beispiel II

Äquivalente Brennweite 1,000 Relative Apertur $F/1,4$

Radius	Dicke bzw. Luftzwischenraum	Brechungsindex n_d	Abbésche V -Zahl
$R_1 = +0,7358$	$D_1 = 0,1328$	1,65145	58,48
$R_2 = +2,2840$	$S_1 = 0,0020$		
$R_3 = +0,4591$	$D_2 = 0,1651$	1,69778	55,64
$R_4 = +2,5017$	$D_3 = 0,0340$	1,60520	37,99
$R_5 = +0,2733$	$S_2 = 0,3318$		
$R_6 = -0,2779$	$D_4 = 0,0320$	1,70048	30,28
$R_7 = -2,5017$	$D_5 = 0,1451$	1,69778	55,64
$R_8 = -0,3689$	$S_3 = 0,0020$		
$R_9 = \infty$	$D_6 = 0,0570$	1,69355	53,58
$R_{10} = -1,5977$	$S_4 = 0,0020$		
$R_{11} = +2,2362$	$D_7 = 0,0800$	1,69355	53,58
$R_{12} = -1,6896$			

Beispiel III

Äquivalente Brennweite 1,000 Relative Apertur $F/1,4$

Radius	Dicke bzw. Luftzwischenraum	Brechungsindex n_d	Abbésche V -Zahl
$R_1 = +0,7309$	$D_1 = 0,1330$	1,65072	58,65
$R_2 = +2,2912$	$S_1 = 0,0020$		
$R_3 = +0,4566$	$D_2 = 0,1654$	1,69805	55,65
$R_4 = +2,4058$	$D_3 = 0,0341$	1,60507	37,99
$R_5 = +0,2732$	$S_2 = 0,3339$		
$R_6 = -0,2803$	$D_4 = 0,0321$	1,70059	30,27
$R_7 = -2,3772$	$D_5 = 0,1453$	1,69109	54,66
$R_8 = -0,3665$	$S_3 = 0,0150$		
$R_9 = +13,3547$	$D_6 = 0,0624$	1,69109	54,66
$R_{10} = -1,9419$	$S_4 = 0,0020$		
$R_{11} = +1,5843$	$D_7 = 0,0842$	1,69109	54,66
$R_{12} = -2,2244$			

Beispiel IV

Äquivalente Brennweite 1,000 Relative Apertur $F/1,4$

Radius	Dicke bzw. Luftzwischenraum	Brechungsindex n_d	Abbésche V -Zahl
$R_1 = +0,7354$	$D_1 = 0,1330$	1,65072	58,65
$R_2 = +2,2884$	$S_1 = 0,0020$		
$R_3 = +0,4568$	$D_2 = 0,1654$	1,69109	54,66
$R_4 = +3,2679$	$D_3 = 0,0341$	1,60936	39,70
$R_5 = +0,2692$	$S_2 = 0,3362$		
$R_6 = -0,2813$	$D_4 = 0,0322$	1,70059	30,27
$R_7 = -6,2246$	$D_5 = 0,1454$	1,69109	54,66
$R_8 = -0,3658$	$S_3 = 0,0341$		
$R_9 = +7,4289$	$D_6 = 0,0661$	1,69109	54,66
$R_{10} = -2,0712$	$S_4 = 0,0020$		
$R_{11} = +1,6893$	$D_7 = 0,0856$	1,69109	54,66
$R_{12} = -2,0400$			

In jedem der beiden ersten dieser Beispiele ist das Objektiv über einen halben Öffnungswinkel von 15° in bezug auf eine in der Mitte des Luftspaltes zwischen den beiden Meniskusdublettenkomponenten angeordneten Blende korrigiert, während im dritten und vierten Beispiel das Objektiv über einen halben Öffnungswinkel von 9 bzw. $5,7^\circ$ in bezug auf eine solche mittlere Blende korrigiert ist. Das Objektiv des ersten Beispiels besitzt einen hinteren Brennpunkt-
 10 abstand von $0,576 F$, das des zweiten Beispiels von $0,568 F$, das des dritten Beispiels von $0,541 F$ und das des vierten Beispiels von $0,561 F$. Die äquivalenten Brennweiten der fünf Komponenten, von vorn an gezählt, betragen $+1,590 F$ bzw. $-3,012 F$
 15 bzw. $-7,660 F$ bzw. $+2,342 F$ bzw. $+1,412 F$ beim ersten Beispiel und $+1,611 F$ bzw. $-3,042 F$ bzw. $-7,603 F$ bzw. $+2,302 F$ bzw. $+1,398 F$ beim zweiten Beispiel, wobei das Pluszeichen sammelnde Brechkraft andeutet. Im dritten und vierten Beispiel be-
 20 tragen die entsprechenden äquivalenten Brennweiten $+1,596 F$ bzw. $-3,139 F$ bzw. $-8,581 F$ bzw. $+2,457 F$ bzw. $+1,351 F$ und $+1,661 F$ bzw. $-2,736 F$ bzw. $-9,450 F$ bzw. $+2,350 F$ bzw. $+1,350 F$.

Die Summe der Zahlenwerte der Radien R_5 und R_6 beträgt beim ersten Beispiel $0,552 F$, was dem $1,67$ fachen des Luftzwischenraumes S_2 entspricht, und beim zweiten Beispiel $0,551 F$, was dem $1,66$ fachen des axialen Luftzwischenraumes S_2 entspricht. Beim dritten Beispiel ist die Summe der Radien R_5 und R_6 $0,553 F$,
 30 d. h. das $1,65$ fache von S_2 , während im vierten Beispiel die Summe der entsprechenden Radien $0,550 F$ beträgt, d. h. das $1,63$ fache von S_2 . In jedem Fall sind diese beiden Krümmungsradien für ein Objektiv dieser Bauart mit einer derart hohen Öffnung un-
 gewöhnlich klein, und es ist insbesondere zu bemerken, daß die Brechkraft der Oberfläche R_6 im ersten Beispiel $2,515/F$ beträgt, d. h. das $1,79/F$ -fache der Öffnungszahl des Objektivs, und im zweiten Beispiel $2,521/F$, d. h. das $1,80/F$ -fache der Öffnungszahl
 40 des Objektivs. Im dritten Beispiel ist die Brechkraft der Oberfläche R_6 $2,499/F$, d. h., das $1,78$ fache der Öffnungszahl, und im vierten Beispiel beträgt die entsprechende Brechkraft $2,490/F$, d. h. das $1,78$ fache der Öffnungszahl. Es ist gewöhnlich wünschenswert, diesen Radius R_6 zwischen $0,24 F$ und $0,34 F$ zu halten. Diese kleinen Krümmungsradien ermöglichen es, den Luftzwischenraum S_2 verhältnismäßig klein zu halten, ohne den Korrekursionsstand für Aberrationen zu vermindern, und dies ermöglicht wiederum, bei
 50 etwas verringerten Dicken der beiden Dublettenkomponenten den axialen Abstand zwischen den Oberflächen R_3 und R_8 wesentlich zu verringern. Diese beiden Oberflächen R_3 und R_8 sind so ausgebildet, daß ihre freien Durchmesser in einem solchen Verhältnis zu den Durchmessern der anderen Oberflächen stehen, daß die zwei freien Aperturen als Begrenzungsaperturen für schiefe Bündel wirken. So sind beim ersten Beispiel die freien Durchmesser der fünf Komponenten, von vorn nach hinten gezählt,
 60 $0,792 F$ bzw. $0,630 F$ bzw. $0,503 F$ bzw. $0,579 F$ bzw. $0,596 F$, während die Phasendurchmesser der Oberflächen (Abschrägungsdurchmesser) R_5 und R_6 $0,443 F$ bzw. $0,402 F$ betragen. Im zweiten Beispiel betragen die freien Durchmesser $0,789 F$ bzw. $0,634 F$ bzw. $0,495 F$ bzw. $0,565 F$ bzw. $0,585 F$ und die entsprechenden Phasendurchmesser $0,441 F$ bzw. $0,396 F$. Beim dritten Beispiel sind die entsprechenden freien

Durchmesser $0,719 F$ bzw. $0,633 F$ bzw. $0,482 F$ bzw. $0,493 F$ bzw. $0,488 F$ und die entsprechenden Phasendurchmesser $0,440 F$ bzw. $0,389 F$, während im vierten Beispiel die freien Durchmesser $0,716 F$
 5 bzw. $0,634 F$ bzw. $0,497 F$ bzw. $0,475 F$ bzw. $0,457 F$ und die Phasendurchmesser $0,439 F$ bzw. $0,398 F$ betragen. Auf diese Weise ermöglicht der verminderte axiale Abstand zwischen den Oberflächen R_3 und R_8 eine beträchtliche Verringerung des Vignettierens, ohne die Korrektion anderer Aberrationen zu beeinträchtigen.

Es ist jedoch ersichtlich, daß die Verminderung des axialen Abstandes zwischen den Oberflächen R_3 und R_8 in Verbindung mit der Wölbung der Oberflächen R_5 und R_6 einen unerwünschten Grad von Astigmatismus und zonalen Aberrationen in das Objektiv hineinzubringen strebt. Dies wird jedoch zum großen Teil dadurch ausgeglichen, daß die Oberflächen R_3 und R_8 , und insbesondere die letztere, eine große Brechkraft erhalten. Die Brechkraft der Oberfläche R_8 ist auch im Verhältnis zur Summe der äquivalenten Brennweiten der beiden einfachen sammelnden hinteren Komponenten wichtig, um die Korrektion für Verzeichnungen und axiale Aberrationen zu verbessern. Daher beträgt die Brechkraft der Oberfläche R_8 im ersten Beispiel $1,89/F$, d. h., das $7,1$ fache des reziproken Wertes der Summe der äquivalenten Brennweiten der beiden einfachen sammelnden hinteren Komponenten, die $3,75 F$ ist.

Im zweiten Beispiel ist die Brechkraft der Oberfläche R_8 ebenfalls $1,89/F$, was dem 7 fachen des reziproken Wertes der Summe der äquivalenten Brennweiten der beiden einfachen sammelnden hinteren Komponenten entspricht, die hier $3,70 F$ beträgt. Im dritten Beispiel ist die Brechkraft der Oberfläche R_8 ebenfalls $1,89/F$, was dem 7 fachen des reziproken Wertes der Summe der äquivalenten Brennweiten der beiden einfachen sammelnden hinteren Komponenten entspricht, die hier $3,71 F$ beträgt, während die entsprechende Brechkraft beim vierten Beispiel ebenfalls $1,89/F$ ist und dem $7,0$ fachen des reziproken Wertes der Summe der äquivalenten Brennweiten der beiden einfachen sammelnden hinteren Komponenten entspricht, die $3,70 F$ beträgt. Die Brechkraft der Oberfläche R_3 ist in den vier Beispielen $1,52/F$ bzw. $1,52/F$ bzw. $1,53/F$ bzw. $1,51/F$, so daß im ersten Beispiel diese Brechkraft dem $2,42$ fachen der äquivalenten Brechkraft der einfachen sammelnden vorderen Komponente entspricht, im zweiten und
 50 dritten Beispiel jedoch dem $2,45$ fachen dieser äquivalenten Brechkraft und im vierten Beispiel dem $2,43$ fachen dieser äquivalenten Brechkraft.

Auch geeignete Wahl der Glassorten für die Elemente der beiden Dublettenkomponenten ist mit den oben-
 55 erwähnten Merkmalen wichtig in bezug auf die Korrektion für Aberrationen höherer Ordnung, insbesondere von Koma höherer Ordnung. Daher beträgt der Unterschied zwischen den mittleren Brechungsindizes der Materialien der beiden Elemente der vorderen Meniskusdublette in jedem Beispiel $0,09$ und das arithmetische Mittel der mittleren Brechungsindizes der Materialien der vorderen Elemente der beiden Meniskusdubletten in jedem Beispiel $1,70$, der somit beträchtlich größer ist als der mittlere Brechungsindex der Materialien des hinteren Elementes der vorderen Meniskusdublette, während die mittleren Brechungsindizes der beiden Elemente der hinteren Meniskusdublette voneinander nur um einen Betrag von

0,0035 beim ersten Beispiel, um 0,0027 im zweiten Beispiel und um 0,0095 im dritten und vierten Beispiel verschieden sind.

Weitere Beiträge zur Korrektur von Verzeichnung, Astigmatismus und Aberrationen höherer Ordnung werden durch geeignete Wahl der äquivalenten Brennweiten der drei einfachen Komponenten und durch die Krümmungsradien ihrer Oberflächen erreicht. In diesem Zusammenhang ist besonders festzustellen, daß die äquivalente Brennweite der einfachen sammelnden vorderen Komponente in jedem Beispiel etwa dem 0,7fachen des Krümmungsradius R_2 entspricht. Die gemeinsame äquivalente Brechkraft der drei vorderen Komponenten beträgt im ersten Beispiel $0,321/F$, im zweiten Beispiel $0,316/F$, im dritten Beispiel $0,339/F$ und im vierten Beispiel $0,304/F$; und auch diese hohen Werte sind wichtig zur Verbesserung der Korrektur von Verzeichnungen.

Weitere besondere Merkmale, die für die Korrektur der verschiedenen Aberrationen bedeutsam sind, beruhen in der Wahl der äquivalenten Brechkraft und der axialen Dicke der Meniskusdublettenkomponenten. So ist die Summe der äquivalenten Streukraft dieser Komponenten im ersten Beispiel zahlenmäßig gleich $0,463/F$, im zweiten Beispiel $0,460/F$, im dritten Beispiel $0,435/F$ und im vierten Beispiel $0,471/F$. Die axiale Dicke dieser beiden Komponenten beträgt in jedem Beispiel etwa $0,2 F$ bzw. $0,18 F$, und mittels dieser geringen axialen Dicke in Verbindung mit der Verwendung von Materialien hoher Brechkraft für die fünf sammelnden Elemente läßt sich eine gute Korrektur für die Bildfeldwölbung erzielen. So beträgt in jedem der beiden ersten Beispiele der Durchschnittswert der mittleren Brechungsindizes der Materialien der fünf sammelnden Elemente $1,687$, während er für die beiden zerstreuen Elemente, die dem mittleren Luftzwischenraum benachbart sind, $1,653$ beträgt. Im dritten Beispiel ist der Durchschnittswert der mittleren Brechungsindizes der Materialien der fünf sammelnden Elemente $1,684$, wobei der der beiden zerstreuen Elemente $1,653$ ist, während im vierten Beispiel die entsprechenden Durchschnittswerte $1,683$ bzw. $1,655$ betragen.

Es ist zu erwähnen, daß die verminderte axiale Dicke der Dublettenkomponenten die Erzielung praktischer axialer Dicken für die zerstreuen Elemente und Kantendicken der sammelnden Elemente erschwert. Diese Schwierigkeit wird jedoch dadurch überwunden, daß die Krümmung der inneren Berührungsf lächen bzw. Kittflächen vergrößert wird, wobei zur Erhaltung einer guten Korrektur für chromatische Aberrationen bei solchen großen Krümmungsradien die Abbéschen V -Zahlen der Materialien der sammelnden Elemente vorzugsweise sehr viel größer als die der zerstreuen Elemente gewählt werden. Im ersten Beispiel ist der Durchschnittswert der Abbéschen V -Zahlen der Materialien der fünf sammelnden Elemente $55,37$, während er für die beiden zerstreuen Elemente $34,15$ beträgt. Im zweiten Beispiel ist der Durchschnittswert der Abbéschen V -Zahlen der Materialien der fünf sammelnden Elemente $55,38$, während der der beiden zerstreuen Elemente $34,14$ beträgt. Im dritten Beispiel ist der Mittelwert der Abbéschen V -Zahlen für die entsprechenden Elemente $55,66$ bzw. $34,13$ und im vierten Beispiel $55,46$ bzw. $34,98$.

Es ist jedoch ersichtlich, daß in jedem der Beispiele 3 und 4, in welchen die Objektive über einen

kleineren halben Öffnungswinkel als die Objektive in den Beispielen 1 und 2 korrigiert sind, es möglich ist, eine noch bessere Korrektur für axiale Aberrationen zu erhalten, während gleichzeitig die guten Korrekturen für Schiefwinkelaberrationen und die Vignettierungsfreiheit erhalten bleiben. Zu diesem Zweck ist der axiale Luftzwischenraum S_3 in den beiden letzteren Beispielen größer als in jedem der beiden ersten Beispiele, und weiterhin ist in den beiden letzteren Beispielen die Oberfläche R_9 nach vorn konvex.

Patentansprüche:

1. Modifiziertes Gauß-Objektiv, das für sphärische und chromatische Aberrationen, Koma, Astigmatismus, Bildfeldwölbung und Verzeichnung korrigiert ist und das zwei zusammengesetzte Meniskuskomponenten besitzt, von denen jede aus einem sammelnden und einem zerstreuen Element besteht und deren der Luft ausgesetzte Innenflächen zu einer zwischen ihnen angeordneten Blende konkav sind, wobei vor diesen Menisken eine einfache sammelnde Komponente und hinter diesen zwei einfache sammelnde Komponenten angeordnet sind, gekennzeichnet durch die Kombination der nachstehenden Merkmale:

$$1,33 S_2 < |R_5| + |R_8| < 2,0 S_2, \quad (1)$$

$$F < |R_4| < 4,33 F, \quad (2)$$

$$F < |R_7| < 10 F, \quad (3)$$

$$\frac{5}{f_4 + f_5} < \frac{n_5 - 1}{|R_8|} < \frac{10}{f_4 + f_5}, \quad (4)$$

$$0,05 < n_2 - n_3 < 0,13, \quad (5)$$

$$n_3 < \frac{n_2 + n_4}{2}, \quad (6)$$

$$n_4 - n_5 < \pm 0,04, \quad (7)$$

$$\frac{0,2}{F} < \frac{1}{f_{123}} < \frac{0,5}{F}, \quad (8)$$

$$\frac{2,1}{F} < \frac{n_4 - 1}{|R_6|} < \frac{2,9}{F}, \quad (9)$$

$$0 < \frac{n_1 + n_2 + n_5 + n_6 + n_7}{5} - \frac{n_3 + n_4}{2} < 0,08, \quad (10)$$

wobei F die äquivalente Brennweite des gesamten Objektivs, S_2 die axiale Länge des Luftzwischenraumes zwischen den Meniskuskomponenten, R die von vorn gezählten Krümmungsradien der Oberflächen, n die Brechungsindizes der von vorn gezählten Elemente, f die Brennweiten der Komponenten sind und $\frac{1}{f_{123}}$ die zusammengesetzte äquivalente Brechkraft der drei vorderen Komponenten ist.

2. Optisches Objektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Kombination der folgenden weiteren Merkmale:

$$\begin{aligned} 1,33 F &< f_1 < 2,0 F, \\ 0,44 R_2 &< |f_1| < 1,33 R_2, \\ f_5 &< f_4 < 3,0 f_5, \\ 2,33 F &< f_4 + f_5 < 5,5 F, \end{aligned}$$

wobei f_1 die äquivalente Brennweite der einfachen sammelnden vorderen Komponente und R_2 der Krümmungsradius der hinteren Fläche dieser einfachen sammelnden vorderen Komponente und diese Fläche konvex nach vorn ist.

3. Optisches Objektiv nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch die Kombination der folgenden weiteren Merkmale:

$$\begin{aligned} 0,3 F &< |R_8| < 0,6 F, \\ F &< |R_{10}| < 3 F, \\ F &< |R_{12}| < 3 F, \\ F &< |R_{11}| < 3,5 F, \\ |R_9| &< 4 F, \end{aligned}$$

wobei R_9 , R_{10} , R_{11} und R_{12} die Flächen der beiden hinteren einfachen sammelnden Komponenten, von vorn nach hinten gesehen, sind, die Fläche mit dem Radius R_9 nach vorn entweder konvex

$$15,0 < \frac{V_1 + V_2 + V_5 + V_6 + V_7}{5} - \frac{V_3 + V_4}{2} < 27,0,$$

wobei V_1 , V_2 , V_3 usw. jeweils die Abbéschen V -Zahlen der Materialien der sieben von vorn nach hinten gezählten Elemente des Objektivs sind.

oder konkav ist und die Flächen mit den Radien R_{10} und R_{12} nach vorn konkav und die Fläche mit dem Radius R_{11} nach vorn konvex sind.

4. Optisches Objektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch die Kombination der folgenden weiteren Merkmale:

$$\begin{aligned} \frac{0,25}{F} &< \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} < \frac{0,66}{F}, \\ 0,14 F &< D_a < 0,24 F, \\ 0,14 F &< D_b < 0,24 F, \\ 2,0 &< \frac{n_2 - 1}{R_3} < \frac{3,0}{f_1}, \end{aligned}$$

wobei f_2 und f_3 jeweils die äquivalenten Brennweiten der zwei Doublettenmeniskuskomponenten und D_a und D_b die axialen Dicken dieser Komponenten sind, während R_3 der Krümmungsradius der vorderen Fläche der vorderen Doublettenmeniskuskomponente ist.

5. Objektiv nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die freien Aperturen der vorderen Oberfläche der vorderen Meniskusdoublettenkomponente und die hintere Oberfläche der hinteren Meniskusdoublettenkomponente begrenzende Aperturen für schiefe Bündel bilden.

6. Objektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch die Kombination der folgenden Merkmale:

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Auslegeschriften Nr. 1 096 633, 1 076 394;
britische Patentschrift Nr. 373 950;
USA.-Patentschriften Nr. 2 532 751, 2 019 985.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

