

KAISERLICHES PATENTAMT.



# PATENTSCHRIFT

— № 109283 —

KLASSE 57: PHOTOGRAPHIE.

AUSGEBEN DEN 12. MÄRZ 1900.

C. P. GOERZ IN FRIEDENAU-BERLIN.

**Sphärisch, chromatisch und astigmatisch corrigirtes Zwei-Linsen-System.**

Patentirt im Deutschen Reiche vom 27. Mai 1898 ab.

Bekanntlich erfolgt die anastigmatische Bildebenung gleichzeitig mit der Hebung der sphärischen Abweichung in verkitteten Drei-Linsen-Systemen dadurch, daß dieselben zwei sphärische Trennungsf lächen zweier auf einander folgender Medien enthalten, von denen die eine lichtsammelnd, die andere lichterstreudend wirkt. Von der Ueberlegung ausgehend, daß die Leistungen eines derartigen Objectivs von der Größe der Brechungsexponentendifferenz zweier an einander stoßender Medien abhängt, glaubte der Erfinder weitere Verbesserungen, insbesondere eine erhebliche Steigerung der Bildschärfe dann erreichen zu können, wenn diese Trennungsf lächen nicht Glas verschiedener Brechung von einander, sondern Glas von Luft trennen. Denn die Brechungsexponentendifferenz beträgt in diesem Falle das sechs- bis zehnfache der früheren. Der Erfinder wurde so auf ein System zweier durch Luft getrennter Einzellinsen geführt.

Den Gegenstand dieser Erfindung bildet danach ein Objectiv der denkbar einfachsten Construction, bei welchem es trotz der Einfachheit seiner Zusammensetzung gelungen ist, alle die Schärfe des von ihm entworfenen, ausgedehnten Bildes beeinflussenden Fehler, wie: sphärische Abweichung, chromatische Abweichung, Astigmatismus, Bildwölbung, Coma, Distortion, zu beseitigen, überdies aber die allgemeine Bildschärfe durch Verminderung der sogenannten Zwischenfehler erheblich zu steigern

gegenüber den bisher zu den gleichen Zwecken benutzten astigmatisch corrigirten, verkitteten Drei-Linsen-Systemen.

Das Zwei-Linsen-System besteht aus einer biconcaven Linse  $L_1$  niedriger Brechung und einer biconvexen Linse  $L_2$  hoher Brechung, wie in Fig. 1 gezeichnet.

Da anzunehmen war, daß die astigmatischen Bildwölbungsfehler am erfolgreichsten bekämpft werden könnten, wenn der negativen Linse niedrigere Brechung beigelegt wird als der positiven, so wurde bei der Berechnung eines praktischen Beispiels für die erstere der Brechungsindex 1,54, für letztere der Brechungsindex 1,61 angesetzt und diese Näherungswerte durch alle Stadien der rechnerischen Untersuchung beibehalten.

Die rechnerische Untersuchung ergab zunächst, daß die Erfüllung der sogenannten Abbe'schen Sinusbedingung mit der Aufhebung der Bildwölbung und des Astigmatismus für schräg einfallende Strahlenbüschel im Einzelsystem nicht vereinbar war, daß vielmehr nach astigmatischer Ebnung des Bildfeldes für enge Strahlenbüschel eine ziemlich beträchtliche Abweichung von der Erfüllung der Sinusbedingung übrig blieb. Das Einzelsystem konnte daher bei Benutzung der vollen Oeffnung weder seitlich von der Achse noch auf derselben befriedigende Bildschärfe aufweisen, dagegen war es in diesem Stadium der Rechnung noch ungewiß, ob der vor-

handene Fehler in einem aus zwei gleichartigen Hälften zusammengesetzten Doppelobjectiv noch störend auftreten würde, oder ob dieser Fehler, was bei der Größe desselben im Einzelsystem noch sehr zweifelhaft war, durch die symmetrische Anordnung beider Hälften eliminirt oder so weit reducirt werden würde, um den Effect nicht mehr störend zu beeinflussen.

Hierüber konnte ein praktisch ausgeführtes Versuchsobjectiv den sichersten Aufschluss geben.

Die Dispersion der Biconvexlinse mit dem Brechungsindex 1,61 ist gegeben, da nur das sogenannte schwerste Baryt-Crown als einziges erhaltliches Glas hoher Brechung und geringer Dispersion in Frage kommt. Damit ist aber auch die Dispersion, welche das Glasmaterial der Biconcavlinse haben muß, ohne Weiteres vorgeschrieben. Es zeigte sich, daß eine Glasart, welche annähernd die in Rechnung gezogene Höhe der Brechung und das gewünschte Farbenzerstreuungsvermögen besaß, in dem Verzeichniß der verfügbaren Glasarten des Jenaer Glastechnischen Laboratoriums sich vorfand und auch vorrätig war, so daß der Ausführung eines Objectivs nichts mehr im Wege stand, nachdem noch die wegen der kleinen Differenzen zwischen den Brechungsindices der erhaltlichen Gläser und den in Rechnung gezogenen Werthen erforderlichen Correcturen vorgenommen waren.

Die Prüfung des Probeobjectivs an dem für die Zwecke derartiger Untersuchungen eigens construirten Prüfungsapparate liefs nun zunächst erkennen, daß an dem Einzelsystem sich der Mangel genügender Berücksichtigung der Sinusbedingung in einer nicht präzisen Schärfe wahrnehmen liefs, so daß das Zwei-Linsen-System, für sich verwendet, einen Fortschritt gegenüber anderen Einzelsystemen nicht bildet.

Um so mehr traten die Vorzüge des neuen Systems hervor, nachdem zwei Einzelsysteme zu einem Doppelobjectiv, wie in Fig. 3 dargestellt, genau centrisch vereinigt worden waren. Es zeigte sich, daß das neue Doppelobjectiv dieselbe vorzügliche anastigmatische Bildebnung aufwies, wie die Doppelanastigmaten nach Patent Nr. 74437, jedoch für einen noch größeren Bildwinkel; letzterer Umstand erklärt sich durch den gedrungenen Bau des Gesamtsystems und die Düntheit der angewendeten Linsen. Besonders aber fiel die wesentlich erhöhte Schärfe des Bildes feiner Linienobjecte auf, sowohl auf der Achse, als auch auf den schräg gegen die Achse gerichteten Hauptstrahlen.

Die Constructionselemente eines Doppelobjectivs der vorliegenden Art sind in Millimetern folgende:

Radien:  $R_1$  71,973 2,246 (Dicke der Linse  $L_1$ ),  
 $R_2$  88,944 1,813 (Luftabstand beider Linsen),  
 $R_3$  130,924  
 $R_4$  59,309 4,934 (Dicke der Linse  $L_2$ ).

Luftabstand zwischen beiden Einzelsystemen  $\Delta = 12,043$ . Die verwendeten Glasarten haben folgende optischen Eigenschaften:

Brechungsindex für die Linie  $D$

$$\begin{aligned} \text{Linse } L_1 &= 1,5356, \\ - L_2 &= 1,6112. \end{aligned}$$

Die Dispersion zwischen der Linie  $C$  und  $F$  des Spectrums ist bei

$$\begin{aligned} \text{Linse } L_1 &= 0,01038, \\ - L_2 &= 0,01043. \end{aligned}$$

Die Brennweite des Doppelobjectivs beträgt 240 mm, die wirksame Oeffnung 32 mm, der nutzbare Bildwinkel über  $80^\circ$ . Ein Vergleich zwischen dem oben beschriebenen Zwei-Linsen-System und einem aus einem einzigen Glaskörper bestehenden Drei-Linsen-System ist vorzüglich geeignet, die Vorzüge des ersteren zu veranschaulichen. In Fig. 1 und 2 sind zwei derartige Systeme neben einander gestellt, und zwar wurde von den bekannten astigmatisch corrigirten Drei-Linsen-Systemen dasjenige gewählt, welches dem Gegenstande dieser Erfindung mit Bezug auf die Richtung der Krümmungsradien am meisten ähnelt. Dieses System besteht aus einem von zwei Linsen hoher Brechung eingeschlossenen positiven Meniscus niedriger Brechung. Die den Einzellinsen eingeschriebenen Zahlen bedeuten die Brechungsindices des Glasmaterials in runden Zahlen. Die astigmatische Correctur wird hier, wie bei allen dreilinsigen Anastigmaten, dadurch herbeigeführt, daß das System eine lichtzerstreuende Kittfläche  $Z$  und eine flachere, lichtsammelnde Kittfläche  $S$ , d. h. also Trennungsfächen zweier auf einander folgender Medien enthält.

Auch das Zwei-Linsen-System enthält zwei solcher entgegengesetzt wirkender Trennungsfächen  $Z$  bzw.  $S$ , hier sind es aber nicht Trennungsfächen zwischen Glas und Glas, sondern zwischen Glas und Luft. Nun ist es aber klar, daß bei gegebener Oeffnung eines Linsensystems die Bildschärfe nach Correctur der sphärischen Aberration für den Randstrahl mit der Größe der Brechungsexponentendifferenz an den Trennungsfächen wachsen muß, denn je kleiner diese Differenz, desto tiefere Krümmungen müssen die Flächen erhalten und desto mehr wachsen die Zwischenfehler an, d. h. die sphärischen Abweichungen derjenigen Strahlen, welche zwischen Mitte und Rand einfallen.

Diese Brechungsexponentendifferenzen betragen nun bei dem Drei-Linsen-System:

an Fläche  $Z: 0,06,$   
 - -  $S: 0,10,$

bei dem beschriebenen Zwei-Linsen-System dagegen:

an Fläche  $Z: 0,53,$   
 - -  $S: 0,61,$

also das neun- bzw. sechsfache, und dementsprechend zeigen auch die Flächen selbst eine beträchtliche Abflachung gegenüber denjenigen der Drei-Linsen-Anastigmaten, und damit erklärt sich auch die ganz erheblich gesteigerte Bildscharfe.

Abgesehen von der Abflachung sämtlicher Krümmungen und damit Hand in Hand gehender Reduction der Linsendicken und Abstände bleiben alle charakteristischen Eigenschaften bzw. das Verhältniß der Krümmungsradien zu einander ganz so wie dies bei dem Drei-Linsen-System der Fall ist und sein muß. So behält insbesondere die letzte (convexe) Fläche der Biconvexlinse stärkere Krümmung als die erste (concave) der Biconcavlinse, desgleichen die zweite (concave) Fläche der ersten (biconcaven) Linse stärkere Krümmung als die erste (convexe) der Biconvexlinse, so daß zwischen beiden Linsen ein Luftraum von der Form eines positiven Glasmencus entsteht.

Das neue Zwei-Linsen-System kann daher als aus dem Drei-Linsen-System entstanden gedacht werden in der Weise, daß die Brechung der eingeschlossenen Linse niedriger, und zwar gleich derjenigen der Luft, d. h.  $= 1$  angenommen worden ist, und daß nunmehr nicht eine Glaslinse, sondern eine Luftlinse von einer Biconcav- und einer Biconvexlinse eingeschlossen wird.

Im D. R. P. Nr. 81825 sind Drei-Linsen-Objective beschrieben, welche aus zwei positiven Linsen und einer zwischen beiden liegenden Biconcavlinse zusammengesetzt sind. Den Gegenstand des genannten Patentes bilden durchweg Objective, welche aus den älteren Glasarten (d. h. aus Crown- und Flintglas von niedriger und Flintglas von hoher Brechung) hergestellt sind.

Bei der Anwendung dieses Glasmaterials ist es, wie die rechnerische Nachprüfung des in Fig. 13 gezeichneten Objectivs ergibt, möglich, fast vollkommen symmetrische Objective bei annähernd vollkommener anastigmatischer Ebenung des Bildfeldes zu construieren. Man kann in diesem Falle, ohne von dem in jenem Patente geschilderten Constructionsprincip abzuweichen, die negative Linse in zwei congruente Bestandtheile zerlegen und so für die Blende

den für sie bestimmten Platz im optischen Mittelpunkt des Systems schaffen.

Auf diese Anordnung bezieht sich das in jener Patentschrift, Seite 7, rechte Spalte, Zeile 47 bis 53 mit Bezug auf die Fig. 16 Gesagte.

Indefs hat diese Constructionsform, wie sich leicht zeigen läßt, erhebliche Nachtheile gegenüber dem Doppelobjectiv der vorliegenden Erfindung. Bei diesem haben die beiden positiven symmetrischen Biconvexlinsen höhere Brechung als die mit ihnen verbundenen Biconcavlinsen, wodurch bekanntlich unter sonst gleichen Umständen eine bessere anastigmatische Abflachung und eine größere Ausdehnung des scharfen Bildes erzielt wird. Außerdem gestattet das neue System größere Bildscharfe und Lichtstärke, welche bekanntlich von der Tiefe der Krümmungsradien bei gleicher Brennweite der Linse abhängt. Nun müssen aber bei dem in Fig. 16 der Patentschrift Nr. 81825 skizzirten Vier-Linsen-System die beiden mittleren Negativlinsen nothwendig Planconvexlinsen sein, da durch das Trennen der einzelnen Biconcavlinse des ursprünglichen Drei-Linsen-Systems in zwei Bestandtheile, zum Zweck der Aufnahme der Blende, die Wirkungsweise des Negativsystems, d. h. seine Brennweite und Aufsenkrümmungen nicht geändert werden dürfen, ohne daß von dem Constructionsprincip abgewichen und eine Verschlechterung des Bildes eintreten würde.

Die zerstreuernde Wirkung der Negativlinse in dem Einzelsystem jener Fig. 16 kann daher nur durch die zweite Fläche hervorgerufen werden, da, wie gezeigt, die erste Fläche eine wirkungslose Planfläche ist. Bei dem neuen Objectiv muß dagegen die Negativlinse des Einzelsystems nothwendig eine biconcave, und zwar nahezu gleichseitige Linse sein, was zur natürlichen Folge hat, daß die Krümmungen der zerstreuernden Flächen erheblich flacher ausfallen und daß somit an Bildscharfe und Lichtstärke erheblich gewonnen wird, während andererseits durch die geänderte Lage der Höhe der Brechungsindices in den Negativ- und Positivlinsen Vortheile in Bezug auf die Ausdehnung und Abflachung des Bildes erreicht werden.

Aber die Wirkung des neuen Objectivs ist nicht nur quantitativ eine erhöhte, sondern auch qualitativ eine andere; in dem Vier-Linsen-System des Patentes Nr. 81825 wirken beide Negativlinsen genau so wie eine einzige Biconcavlinse und müssen als solche auch als ein System für sich betrachtet werden.

Bei dem neuen Vier-Linsen-System dagegen bilden je eine Biconcavlinse niedriger Brechung und eine Biconvexlinse hoher Brechung ein sphärisch, chromatisch und astigmatisch corrigirtes System für sich, sie stehen in sehr

kleiner Entfernung von einander, während dieser Entfernung gegenüber der Abstand beider Negativlinsen von einander ein verhältnismäßig größer ist.

PATENT-ANSPRÜCHE:

1. Sphärisch, chromatisch und astigmatisch corrigirtes, nicht streng aplanatisches Objectiv, bestehend aus zwei durch Luft getrennten Linsen von nahezu gleicher Dispersion, einer Biconcavlinse von niedriger und einer Biconvexlinse von hoher Brechung bei einer solchen Anordnung der Innenkrümmungen, daß zwischen beiden Linsen ein Luftraum entsteht von der Form eines Glasmencus positiver Brennweite.
2. Ein aus zwei Objectiven der unter 1. gekennzeichneten Art zusammengesetztes Doppelobjectiv.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen.

C. P. GOERZ IN FRIEDENAU-BERLIN.

Sphärisch, chromatisch und astigmatisch corrigirtes Zwei-Linsen-System.

Fig. 1.

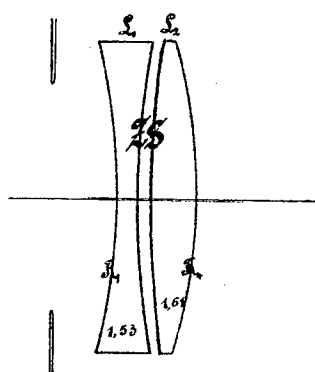


Fig. 2.

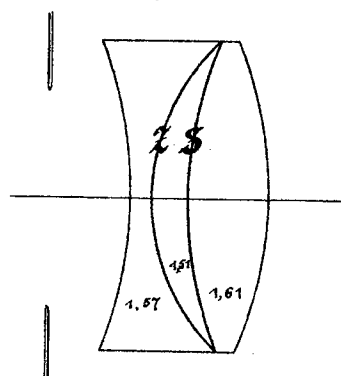
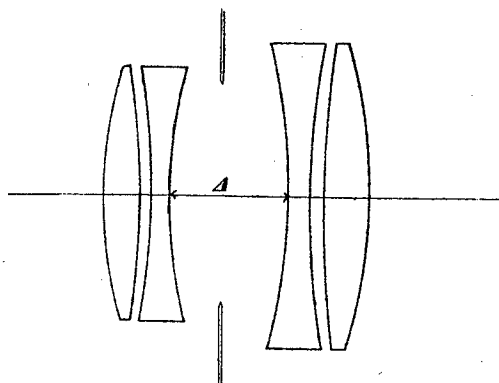


Fig. 3.



Zu der Patentschrift

№ 109283.