

AUSFÜHRLICHES HANDBUCH DER PHOTOGRAPHIE, BAND I TEIL 4

J. M. EDER

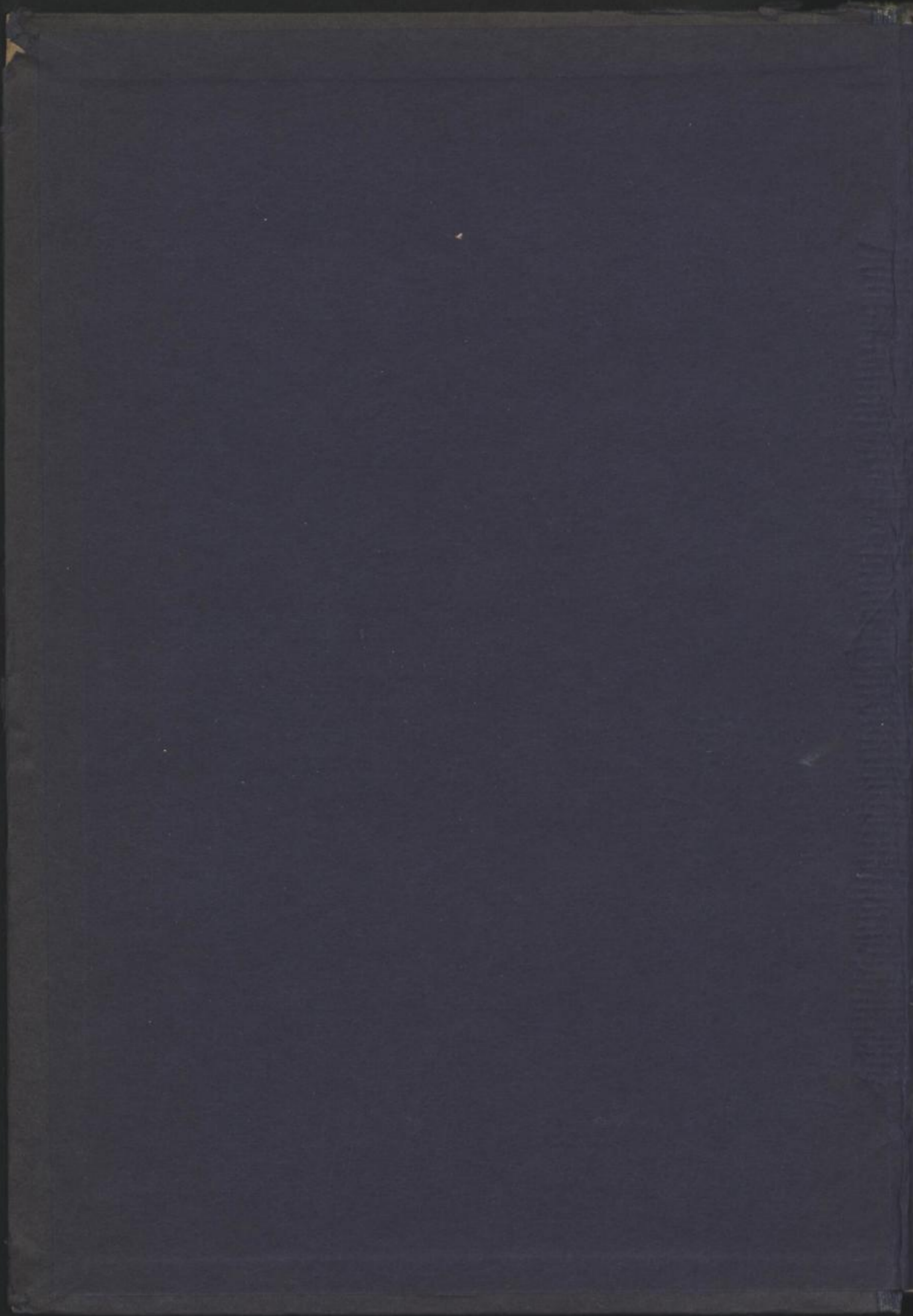
DIE PHOTOGRAPH. OBJEKTIVE

Dritte Auflage

W.B.J.

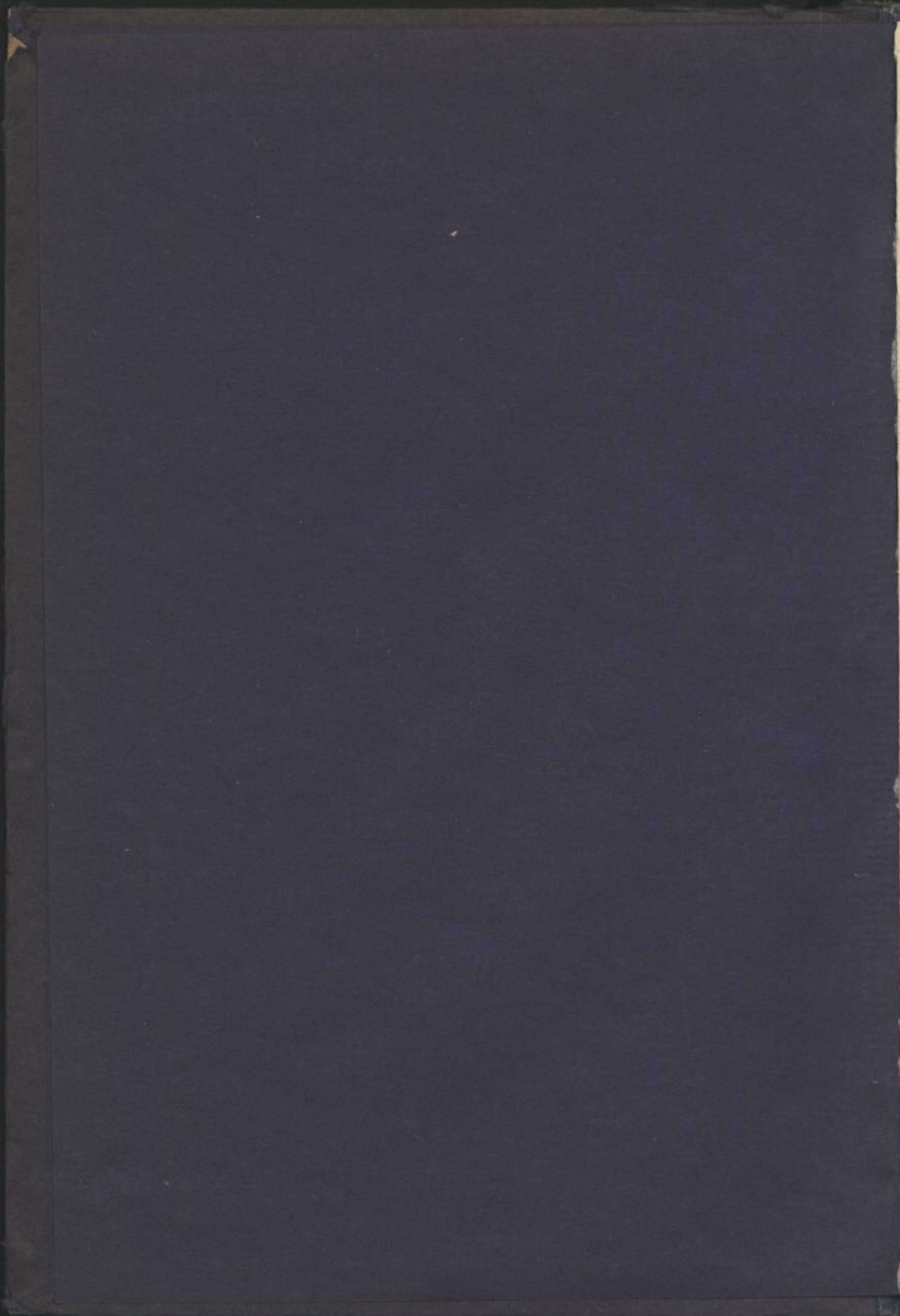
eden

MAG



W.P.J.

437



W.P.J.

89

Ausführliches Handbuch
der
PHOTOGRAPHIE

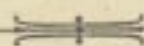
von

Hofrat Dr. **Josef Maria Eder.**

Mit über 2000 Abbildungen und zahlreichen Tafeln.

Erster Band, vierter Teil.

Dritte gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage.



Halle a. S.
Verlag von Wilhelm Knapp.
1911.

W.P.J.

Die

Photographischen Objektiv

von

Hofrat Dr. Josef Maria Eder,

Mitglied der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien,
Direktor der K. K. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt und o. ö. Professor an der
K. K. Technischen Hochschule in Wien.

Mit 272 Abbildungen.

Dritte gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage.

A 1 k

Wiss.-photogr. Institut
d. S. Techn. Hochschule
DRESDEN-A. 24, George-Bähr-Str. 1

Halle a. S.

Verlag von Wilhelm Knapp.

1911.

zell 1 m001 HAG PH21 R2017-8 21402

544853

14

Sächsische Landesbibliothek -
Staats- und Universitätsbibliothek Dresden

12. MAI 2000

D-206-3

Standort: 05, GPH

AP 93400 E22 - 1.4 (3)

2000. P. 016869.001

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die Beschreibung der photographischen Objektive und ihrer Eigenschaften, welche nunmehr in der zweiten Auflage vorliegt, erfuhr eine wesentliche Ergänzung durch die in den letzten Jahren neu erfundenen photographischen Linsensysteme und die während dieser Zeit gewonnenen Erfahrungen mit den bereits bekannten Systemen. Leider sind viele dieser bekannten Objektivsysteme von verschiedenen Seiten mit neuen Namen benannt worden, wodurch der Anlaß zu Mißverständnissen gegeben ist. Ich war bestrebt, in dieser Richtung das Material zu sichten und sichere Anhaltspunkte zur Beurteilung der Objektive anzugeben. Hierbei leistete mir die unübertroffen reichhaltige Objektivsammlung der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproduktionsverfahren in Wien wesentliche Dienste und insbesondere wurde ich durch die zuvorkommende Freundlichkeit der Herren Fabrikanten gefördert, welche mir wertvolle Daten an die Hand gaben. Es sind dies insbesondere: Herr Dr. Adolph Steinheil in München, welcher auch das erste Kapitel dieses Heftes („Einleitung in die photographische Optik“) verfaßte. Herr Ritter von Voigtländer in Braunschweig, Herr Dr. Miethe in Potsdam, Herr Dr. Rudolph in Jena, Herr Karl Fritsch in Wien, Herr Français in Paris und andere Fachmänner. Es ist mir eine angenehme Pflicht, diesen Herren meinen wärmsten Dank auszudrücken.

Wien, Februar 1891.

• J. M. Eder.

Vorwort zur dritten Auflage.

Bei der Bearbeitung der dritten Auflage der „Photographischen Optik“ wurde ich von Herrn Dr. Rudolf Steinheil in München, einem der hervorragendsten Kenner und Forscher auf dem Gebiete der photographischen Optik, wesentlich unterstützt. Die Objektivtypen und ihre Eigenschaften sind in gedrängter Übersicht geschildert und in vorliegender Auflage bis auf die neueste Zeit ergänzt. Den optischen Anstalten, welche mir freundlichst Daten hierfür zur Verfügung stellten und insbesondere Herrn Dr. Rudolf Steinheil bin ich für ihre freundliche Mitwirkung zu bestem Danke verbunden.

Wien, Oktober 1910.

J. M. Eder.

Inhalt.

	Seite
Erstes Kapitel. Einleitung in die photographische Optik	1
Zweites Kapitel. Geschichtliches über Kamera und Objektive	13
Drittes Kapitel. Die Lochkamera	28
Viertes Kapitel. Die einfache Linse als photographisches Objektiv	34
Fünftes Kapitel. Aplanate, Euryskope, Rektilineare und ähnliche symmetrische Linsen	52
Sechstes Kapitel. Die Antiplanete	78
Siebentes Kapitel. Die Porträtobjektive nach Petzvals System	85
Achstes Kapitel. Petzvals Orthoskop, Suttons Wasserlinse, Kugellinse, Buschs Pantoskop, Steinheils Periskop usw.	96
Neuntes Kapitel. Anastigmaten	109
Zehntes Kapitel. Objektivsätze. — Photographieren auf große Entfernungen (Tele-Objektive)	139
Elftes Kapitel. Spiegelobjektive	182
Zwölftes Kapitel. Spiegel und Prismen. — Schwarze Spiegel zur Wolkenphotographie	186
Dreizehntes Kapitel. Die Diaphragmen oder Blenden der Objektive. — Angabe der relativen Belichtungszeiten an den Blenden	193
Vierzehntes Kapitel. Befestigung der Objektive am Ring und am Objektivbrett	222
Fünfzehntes Kapitel. Prüfung und Wahl der Objektive	225
Sechzehntes Kapitel. Berechnung der Expositionszeit aus der Beschaffenheit des Objektivs und des Gegenstandes	292
Siebzehntes Kapitel. Die Zonenplatte von Soret und die Phasenumkehrungsplatte von Wood als Ersatz photographischer Linsen	308
Autoren-Register	319
Sach-Register	322

ERSTES KAPITEL.

EINLEITUNG IN DIE PHOTOGRAPHISCHE OPTIK.

Die eigentliche Aufgabe bei einer photographischen Aufnahme besteht darin, eine Ebene auf einer Ebene abzubilden. Aus gewissen, später näher zu beleuchtenden Gründen kann sich diese Aufgabe dahin ändern, daß ein Raum in einer Ebene abgebildet wird. Wenn wir

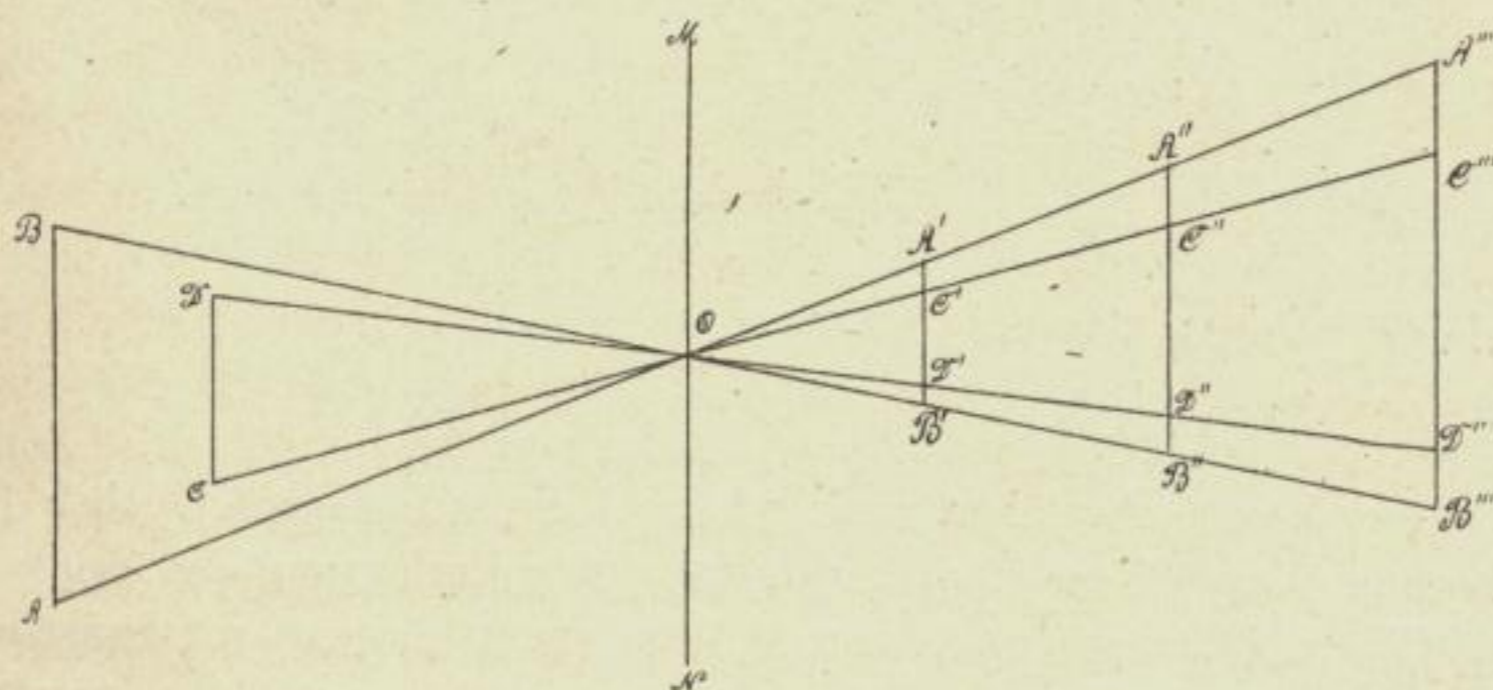


Fig. 1.

zunächst daran festhalten, daß eine Ebene abgebildet werden soll, und zwar auf eine parallele Ebene, und daß eine Ebene immer durch drei in derselben liegende Punkte bestimmt ist, so wird unsere Aufgabe dahin vereinfacht, daß wir für drei Punkte die Bilder suchen müssen, welche dann wieder in einer parallelen Ebene liegen sollen. Geben wir noch der Ebene eine bestimmte Lage, so genügt es überhaupt, die Bilder von nur zwei Punkten dieser Ebene zu suchen oder eine Vorrichtung herzustellen, welche von zwei Punkten dieser Ebene Bildpunkte liefert, welche wieder in einer Ebene liegen.

Die einfachste derartige Vorrichtung ist bekanntlich die Lochkamera, ein würfelförmiger Raum, in dessen einer Seite sich eine so

kleine Öffnung befindet, daß in jeder Richtung nur ein Lichtstrahl durch dieselbe dringen kann. Ist O (in Fig. 1) die kleine Öffnung in der Wand MN der Lochkamera und sind A und B zwei Punkte einer zu dieser Wand parallelen Ebene, so lassen sich innerhalb der Lochkamera auf einem parallel zu MN gestellten Schirm in jeder Entfernung von O die Bilder von A und B , nämlich A' und B' oder A'' und B'' usw. auffangen. Die Entfernung der Punkte A' und B' , A'' und B'' usw. wird um so größer, je weiter der Schirm von MN entfernt steht. Diese auf der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes begründete Einrichtung bietet also den Vorteil, daß sie verschieden große Bilder einer in einer Ebene liegenden Figur liefert. Weil aber in jeder Entfernung von MN ein Bild von AB aufgefangen werden kann, muß natürlich auch das Bild von zwei in einer anderen ebenfalls zu MN parallelen Ebene liegenden Punkten C und D z. B. in der Stellung des Schirmes $A'B'$ aufgefangen werden können, in C' und D' , so daß also beide Ebenen AB und CD

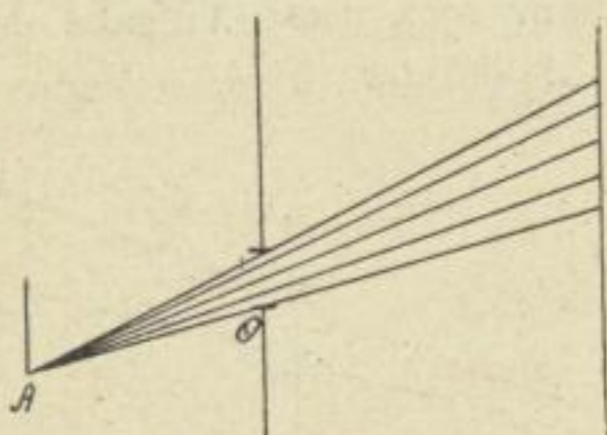


Fig. 2.

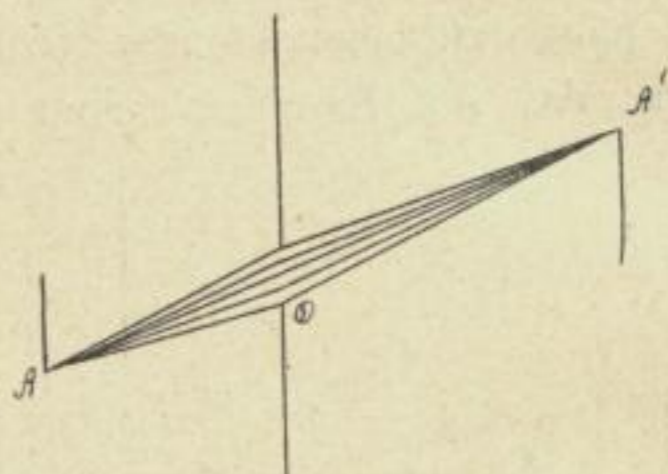


Fig. 3.

auf dieser Ebene abgebildet sind, oder bei der selbstverständlichen Erweiterung dieser Betrachtung, daß bei jeder Entfernung des Schirmes von MN ein Bild des jenseits von MN liegenden Raumes auf demselben aufgefangen werden kann. Diese einfache und bekanntlich, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, auch praktisch verwertbare Einrichtung hat aber einen großen Nachteil: die auf dem Schirm entstehenden Bilder sind sehr lichtschwach. Würde man das scheinbar nächstliegende Mittel zur Behebung dieses Übelstandes ergreifen, die Vergrößerung der Öffnung, so würde von einer Abbildung überhaupt keine Rede mehr sein, weil von jedem Punkte viele Strahlen durch die Öffnung dringen, welche den Auffangschirm dann nicht mehr in einem Punkte treffen (Fig. 2). Man muß deshalb in der Öffnung eine Vorrichtung anbringen, welche bewirkt, daß die von einem Punkt kommenden Strahlen nach dem Durchgang durch die Öffnung wieder in einem Punkt vereinigt werden. Eine solche Vorrichtung nennt man ein Objektiv. Bei dem Einsetzen des Objektivs geht aber ein großer Vorteil der Lochkamera

verloren, der Auffangschirm darf nicht mehr in beliebige Entfernung von O gebracht werden, da die Bilder nur in einer ganz bestimmten Entfernung von O entstehen (Fig. 3). Man kann also mit einem Objektiv einen außerhalb der Kamera liegenden Gegenstand nur in einer Größe abbilden, wenn der Gegenstand seine Entfernung von O nicht ändert. Außer diesem Nachteil bringt aber die Einfügung des Objektivs noch viele andere Mißstände mit sich, welche zu beseitigen die Aufgabe der praktischen Optik ist.

Wie wir oben gesehen haben, deckt sich die Aufgabe der Abbildung von Gegenständen mit derjenigen von Punkten, d. h. die praktische Optik hat sich mit der Untersuchung der bestimmten Objektpunkten entsprechenden Bildpunkte zu befassen oder festzustellen, ob diese Bildpunkte wirklich als Punkte angesehen werden können, und ob sie in der durch die richtige Abbildung vorgeschriebenen Lage entstehen. Um uns über diese Dinge zu unterrichten, müssen wir zunächst das Objektiv und seine Teile näher betrachten.

Ein Objektiv besteht aus Linsen. Linsen sind Körper, welche von zwei Kugelflächen begrenzt sind und aus einem durchsichtigen Material bestehen. Man unterscheidet zwei Hauptarten von Linsen:

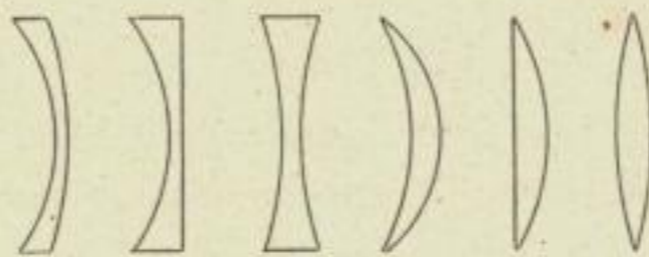


Fig. 4.

solche, welche in der Mitte, und solche, welche am Rande dicker sind (Fig. 4). Die ersteren, welche auch positive Linsen genannt werden, zerfallen in die bikonvexen, plankonvexen und konkavkonvexen Linsen, letztere oder die negativen Linsen in die bikonkaven, plankonkaven und konvexkonkaven Linsen.

Das Material, welches den Raum erfüllt, in welchem sich das Licht bewegt, nennt man ein optisches Medium. Als solche sind also z. B. der leere Raum, Luft, Wasser, Glas usw. zu betrachten. Trifft ein Lichtstrahl auf die ebene Trennungsfäche zwischen zwei Medien, so wird er aus seiner Richtung abgelenkt, gebrochen. Wir errichten im Einfallspunkt eine Senkrechte (das Lot) zur Trennungsfäche. Wird der Strahl beim Übertritt vom ersten zum zweiten Mittel zum Lot abgelenkt, so nennen wir das erste Medium optisch dünner als das zweite und das zweite optisch dichter als das erste. (Fig. 5 AO in Luft einfallender Strahl, OB gebrochener Strahl im Wasser; BO im Wasser einfallender Strahl, OA gebrochener Strahl in Luft). Einem bestimmten Einfallswinkel $AOD = i$ entspricht immer ein ganz bestimmter Brechungswinkel $BOC = r$. Ist die Trennungsfäche statt einer ebenen Fläche eine Kugelfläche, so findet die Ablenkung in der gleichen Weise statt. Der Krümmungsradius der Fläche (Fig. 6: CO) ersetzt das Einfallslot, der ein-

fallende Strahl und der gebrochene Strahl bilden mit diesem die Winkel i und r . Beim Übergang von Luft in Glas (Fig. 6) ist AO der in Luft einfallende, OB der im Glas gebrochene Strahl und beim Übergang von Glas in Luft ist BO der im Glas einfallende und OA der in Luft gebrochene Strahl. Da eine Linse von zwei Kugelflächen begrenzt wird, findet beim Durchgang eines Strahles einmal ein Übergang

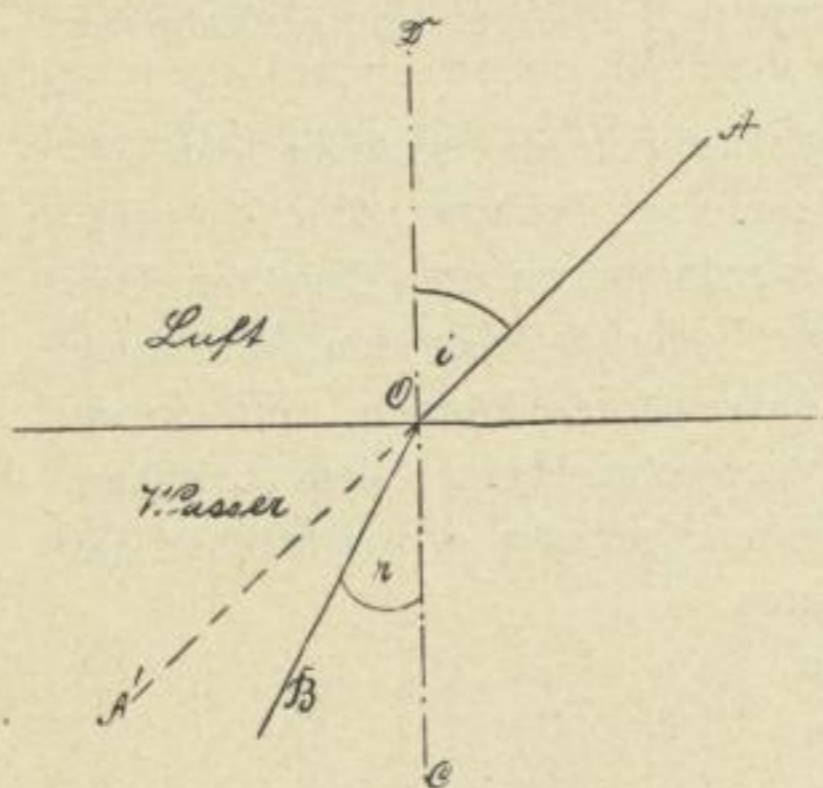


Fig. 5.

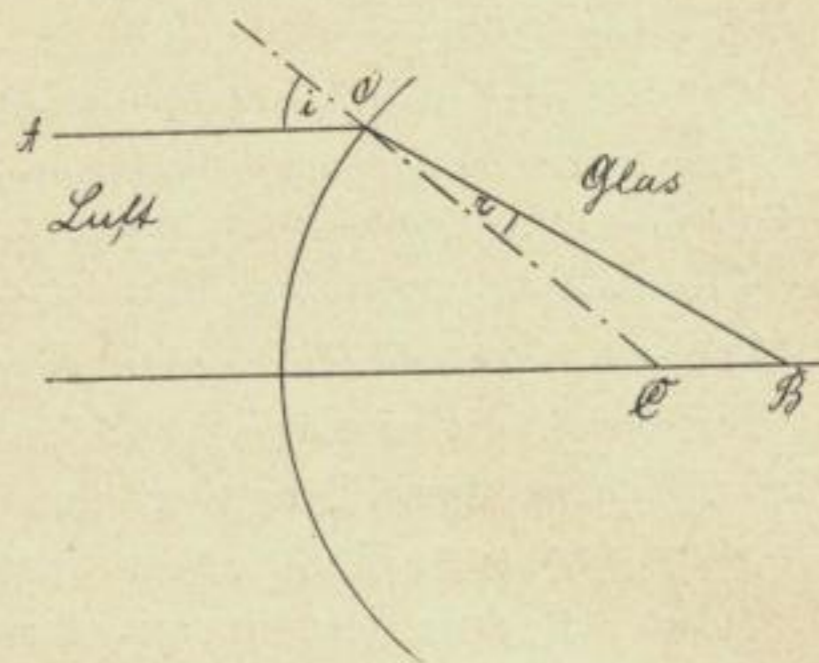


Fig. 6.

von Luft in Glas, das andere Mal von Glas in Luft statt; d. h. der Strahl wird an der ersten Fläche zum Lot abgelenkt, an der zweiten aber vom Lot. Die Gerade, welche die Mitten S und S' (Fig. 7) der die Linse begrenzenden Flächen verbindet, heißt die optische Achse. S und S' heißen die Scheitel der Linse. Die Entfernung OM des Einfallspunktes O von der optischen Achse heißt die Einfallshöhe des

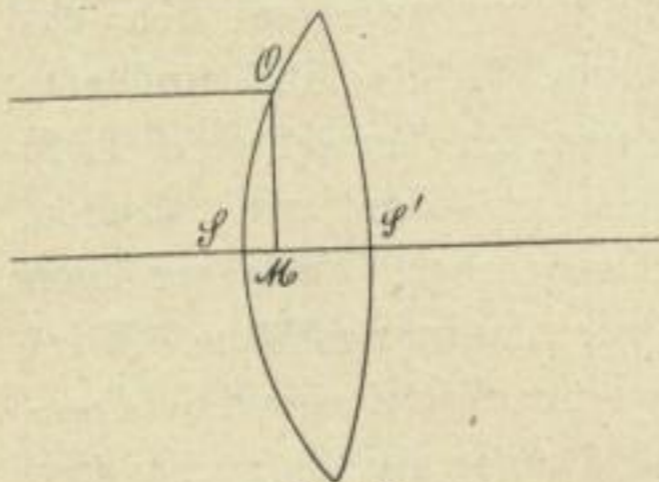


Fig. 7.

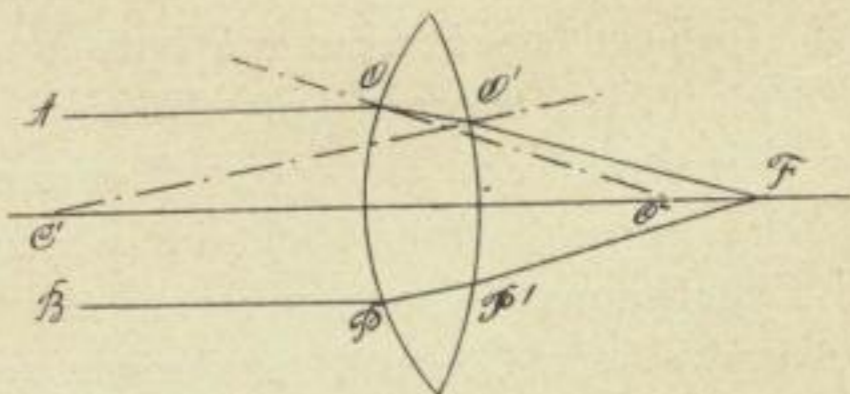


Fig. 8.

Strahls. Lassen wir jetzt (Fig. 8) auf eine bikonvexe Linse einen Strahl AO parallel der Achse der Linse auffallen, so wird er an der ersten Fläche zum Radius CO abgelenkt, geht in der Richtung OO' weiter und wird bei O' wieder vom Radius $C'O'$ der zweiten Fläche abgelenkt und trifft die Achse in F . Ein zweiter bei P einfallender Strahl wird in gleicher Weise nach P' und dann ebenfalls nach F abgelenkt. Das-

selbe ist für beliebig viele Strahlen der Fall, welche parallel zur Achse einfallen, wenn ihre Einfallshöhe nicht groß ist und wenn sie aus nur einer Farbe bestehen. Strahlen, welche parallel zur Achse einfallen, sind aber Strahlen, welche von einem auf der Achse im Unendlichen liegenden Punkt kommen. Der Punkt F' , in welchem die vom unendlich entfernten Achsenpunkt kommenden Strahlen gebrochen werden, heißt der zweite Brennpunkt. Verlängert man den eintretenden Strahl AO (Fig. 9) über O hinaus und den austretenden Strahl PF über P , bis sie sich in M schneiden, dann heißt der Fußpunkt der Senkrechten

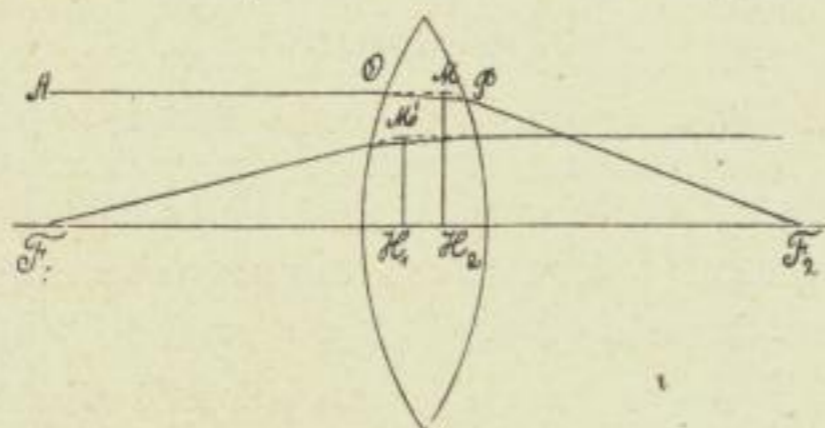


Fig. 9.

von diesem Schnittpunkt auf die Achse H_2 der zweite Hauptpunkt. Läßt man in gleicher Weise einen zur Achse parallelen Strahl auf die andere Seite der Linse auffallen, so findet man ebenso den ersten Brennpunkt F_1 und den ersten Hauptpunkt H_1 der Linse. Liegt der Achsenpunkt, von welchem die Lichtstrahlen ausgehen, nicht im Unendlichen, sondern der Linse näher, so werden die Strahlen nach dem Durchgang durch die Linse nicht mehr in dem Brennpunkt F_2 gesammelt, sondern in einem weiter von der Linse abgelegenen Punkt B (Fig. 10). Die Entfernung Hauptpunkt—Brennpunkt H_2F_2 heißt Brennweite, die

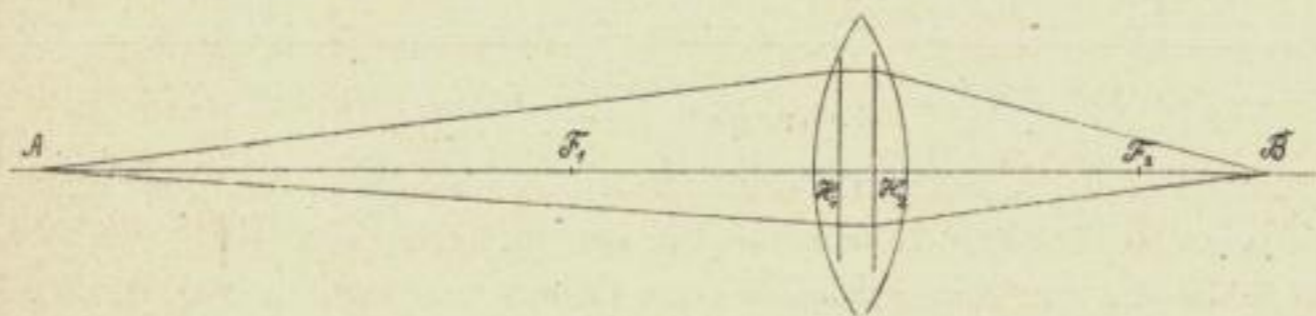


Fig. 10.

Entfernung Hauptpunkt—Bildpunkt H_2B heißt Bildweite oder Vereinigungsweite. AH_1 , die Entfernung des Objektpunktes vom ersten Hauptpunkt, heißt Objektweite. Das Verhältnis von Bild- und Objektgröße entspricht dem Verhältnis von Bild- und Objektweite. Ist die Objektweite gleich der Bildweite, so ist das Bild gleich groß wie das Objekt; solange die Objektweite größer ist als die Bildweite, ist das Bild kleiner als das Objekt, im umgekehrten Fall größer. Hiernach ist folgende Tabelle berechnet, welche für die Brennweite 1 die zugehörigen Objektweiten und Bildweiten liefert.

Tabelle über das Verhältnis von Objektabstand zu Bildabstand bei gegebenem Größenverhältnis zwischen Objekt und Bild für die Brennweite 1.

I Ver- kleinerung	II Bild- abstand	III Objekt- abstand	I Ver- kleinerung	II Bild- abstand	III Objekt- abstand	I Ver- kleinerung	II Bild- abstand	III Objekt- abstand
1 mal	2,00	2,00	3,0	1,33	4,00	13,0	1,08	14,00
1,1	1,91	2,10	3,2	1,31	4,20	14,0	1,07	15,00
1,2	1,83	2,20	3,4	1,29	4,40	15,0	1,07	16,00
1,3	1,77	2,30	3,6	1,28	4,60	16,0	1,06	17,00
1,4	1,72	2,40	3,8	1,26	4,80	18,0	1,06	19,00
1,5	1,67	2,50	4,0	1,25	5,00	20,0	1,05	21,00
1,6	1,62	2,60	4,5	1,22	5,50	22,0	1,04	23,00
1,7	1,59	2,70	5,0	1,20	6,00	24,0	1,04	25,00
1,8	1,56	2,80	5,5	1,18	6,50	26,0	1,04	27,00
1,9	1,53	2,90	6,0	1,17	7,00	28,0	1,04	29,00
2,0	1,50	3,00	6,5	1,15	7,50	30,0	1,03	31,00
2,1	1,48	3,10	7,0	1,14	8,00	35,0	1,03	36,00
2,2	1,45	3,20	7,5	1,13	8,50	40,0	1,02	41,00
2,3	1,43	3,30	8,0	1,12	9,00	45,0	1,02	46,00
2,4	1,42	3,40	8,5	1,12	9,50	50,0	1,02	51,00
2,5	1,40	3,50	9,0	1,11	10,00	60,0	1,02	61,00
2,6	1,38	3,60	9,5	1,10	10,50	70,0	1,01	71,00
2,7	1,37	3,70	10,0	1,10	11,00	80,0	1,01	81,00
2,8	1,36	3,80	11,0	1,09	12,00	90,0	1,01	91,00
2,9	1,34	3,90	12,0	1,08	13,00	100,0	1,01	101,00
Ver- größerung I	Objekt- abstand II	Bild- abstand III	Ver- größerung I	Objekt- abstand II	Bild- abstand III	Ver- größerung I	Objekt- abstand II	Bild- abstand III

Gebrauch der Tabelle.

Man drücke den größten Durchmesser des Objektes und den größten Durchmesser des zu erhaltenden Bildes im gleichen Maßstabe aus.

Soll das Bild größer werden als das Objekt, so liegt ein Fall für Vergrößerung vor, und man benütze die unteren Köpfe der Tabelle; soll das Bild kleiner werden als das Objekt, so liegt Verkleinerung vor, und man benütze die oberen Köpfe der Tabelle.

Sollen Objekt und Bild gleich groß sein, so hat man (1malige Vergrößerung oder Verkleinerung) natürliche Größe

Zur Bestimmung, wieviel mal die Vergrößerung oder Verkleinerung werden soll, dividiert man mit der kleineren Zahl in die größere, geht mit der gefundenen Zahl in Rubrik I. liest die auf derselben Horizontallinie stehenden Zahlen der Rubriken II und III ab und multipliziert diese mit der Brennweite des Objectives, um die gesuchten Längen für Bild- und Objektabstand zu finden.

Z. B. Eine Karte von 40 cm Durchmesser soll auf 25 cm Durchmesser reproduziert werden. Weil das Bild kleiner wird als das Objekt, liegt Verkleinerung vor, und zwar 1,6mal. Sucht man in Rubrik I die Zahl 1,6, so finden sich auf derselben

Horizontallinie die Zahl 1,62 in Rubrik II für Bildabstand und 2,60 in Rubrik III für Objektabstand. Hat man die Brennweite 40 cm, so erhält man

$$1,6 \times 40 = 64 \text{ cm}$$

als Bildabstand und $2,6 \times 40 = 104 \text{ cm}$ Objektabstand.

Oder z. B. auf einen Gegenstand, der 6,40 m von einem Objektiv entfernt ist, dessen Brennweite 40 cm beträgt, soll eingestellt werden. Der Objektabstand ist somit $\frac{640}{40} = 16$ Brennweiten; man sucht in Rubrik III die Zahl 16, so findet man auf derselben Horizontalen in Rubrik II den Bildabstand mit 1,07 Brennweiten, gleich 42,8 cm, und in Rubrik I die Verkleinerung des Bildes 15 mal.

Linsenfehler.

1. Farbenfehler oder chromatische Aberration.

Ist das einfallende Licht nicht einfarbig, so werden nicht alle von einem Punkt kommenden Strahlen in einem Punkt gesammelt. Fallen z. B. in Fig. 11 rote und blaue Strahlen vom Punkt *A* aus auf die Linse *OO'*, so werden die blauen Strahlen stärker gebrochen als die

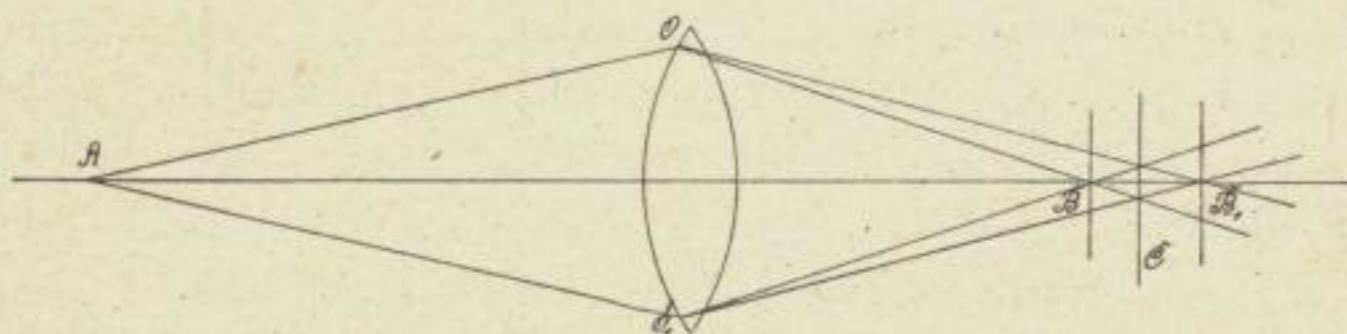


Fig. 11.

roten, sie werden sich also in einem der Linse näher liegenden Punkte *B* der Achse schneiden als die roten, welche nach *B'* gesammelt werden. Bringt man eine matte Scheibe an die Stelle des Punktes *B*, so sieht man einen blauen Punkt, umgeben von einem roten Schein, an der Stelle *B'* dagegen einen roten Punkt, umgeben von einem blauen Schein. Man wird nirgends einen wirklichen Punkt einstellen können, sondern nur zwischen diesen beiden Einstellungen bei *C* ein gleichmäßig gefärbtes Scheibchen. Diesen Fehler der Linsen nennt man Farbenfehler. Um ihn zu beseitigen, muß man mit der positiven Linse eine negative in Verbindung bringen, für welche das Bild der roten und blauen Strahlen gleich weit auseinanderliegt. Würde man die negative Linse aus derselben Glasart herstellen, aus welcher die positive Linse angefertigt ist, so würde diese die Lichtstrahlen gleichviel von der Achse ablenken als sie die positive Linse zur Achse abgelenkt hat, es würden also die Lichtstrahlen wieder in ihrer ursprünglichen Richtung weitergehen, d. h. das aus der positiven und negativen Linse bestehende Objektiv hätte keine Brennweite.

Glücklicherweise haben die meisten optischen Gläser die Eigenschaft, daß ein stärker brechendes Glas seine Brechung mit der Farbe

viel stärker ändert als ein schwächer brechendes, d. h. die Schnittpunkte der roten und blauen Strahlen liegen bei einer negativen Linse aus stärker brechendem Glas gleich weit auseinander als bei einer Positiven Linse aus schwächer brechendem Glas, wenn die Brennweite der ersteren länger ist. Machen wir deshalb die negative Linse aus stärker brechendem Glas, so kann ihre Brennweite länger sein als die der positiven Linse, welche einen gleichgroßen Farbenfehler gibt; es bleibt dann für beide zusammen eine Brennweite übrig, weil die Ablenkung zur Achse durch die positive Linse nicht vollständig aufgehoben wird. Damit also ein Objektiv ohne Farbenfehler oder, wie man auch sagt, achromatisch sei, muß es immer mindestens aus einer positiven und einer negativen Linse von genau vorgeschriebenen Brennweiten bestehen.

2. Kugelgestaltfehler oder sphärische Aberration.

Hat man eine positive Linse, welche nicht, wie im Anfang vorausgesetzt, eine sehr kleine Öffnung besitzt, so werden auch die von einem

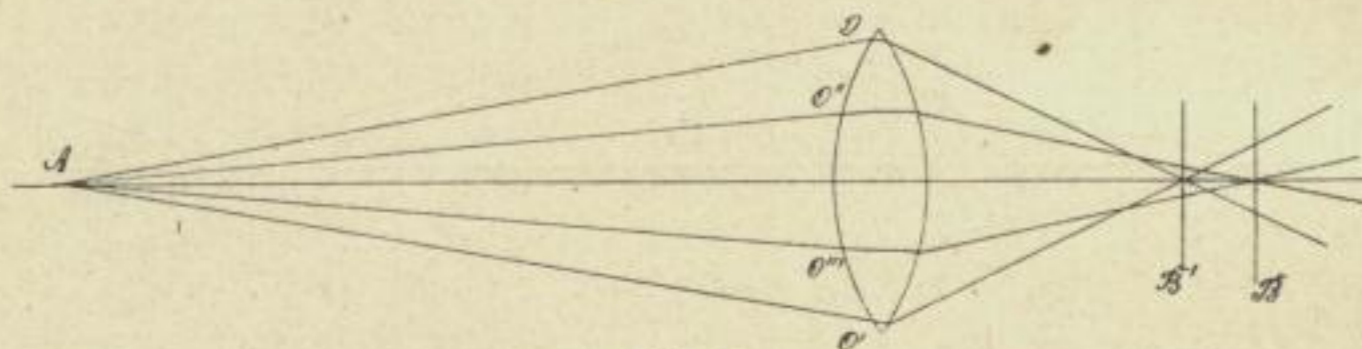


Fig. 12.

Punkt der Achse kommenden Strahlen einer Farbe nicht mehr in einem Punkt gesammelt, sondern es schneiden die mehr gegen den Rand der Linse auffallenden Strahlen die Achse früher als die nahe der Mitte auffallenden. In Fig. 12 schneiden die vom Punkt *A* aus auf den Rand der Linse auffallenden Strahlen sich in *B*, die näher der Mitte auffallenden in *B'*. Die Mattscheibe in *B* aufgestellt, würde, wenn nur die vier gezeichneten Strahlen die Linse trafen, einen scharfen Punkt, umgeben von einem hellen Schein, zeigen, das gleiche würde bei Aufstellung in *B'* zu sehen sein, zwischen beiden Stellungen wäre der Bildpunkt durch eine Kreisscheibe von verschieden großem Durchmesser ersetzt. Dieser Linsenfehler wird Kugelgestaltfehler oder sphärische Aberration genannt, er rührt davon her, daß bei einer sphärischen oder Kugelfläche die Strahlen einen um so größeren Winkel mit dem Einfallslot bilden, je weiter vom Scheitel der Linse sie auffallen, und daß die Brechung nicht proportional den Winkeln erfolgt. Um den Kugelgestaltfehler zu beseitigen, muß man wieder eine negative Linse mit der positiven Linse in Verbindung bringen, welche einen genau gleich großen aber entgegengesetzten Kugelgestaltfehler besitzt. Da die Größe des

Kugelgestaltfehlers von der Krümmung der Flächen einer Linse abhängig ist, und da man die gleiche Brennweite einer Linse mit ganz verschiedenen Krümmungen erhalten kann, ist es klar, daß es in den meisten Fällen möglich sein wird, einer positiven Linse eine negative anzugliedern, welche bei bestimmt vorgeschriebener Brennweite einen ganz bestimmten Kugelgestaltfehler hat.

Wie wir gesehen haben, bedingt die Beseitigung des Farbenfehlers ein ganz bestimmtes Verhältnis der Brennweiten von positiver und negativer Linse. Die Beseitigung des Kugelgestaltfehlers bedingt nun auch noch eine ganz bestimmte Form der negativen Linse.

3. Farbenvergrößerungsfehler.

Wenn die verschiedenfarbigen Strahlen, welche ein und demselben einfallenden weißen Lichtstrahl angehört hatten, nach dem Durchgang durch das Objektiv zwar nach einem Punkt hinzielen, aber nicht an derselben Stelle aus der letzten Fläche austreten, so bleibt noch eine Art Farbenfehler übrig, der sogenannte Farbenvergrößerungsfehler. Er rührt davon her, daß zwar die Schnittweiten (Entfernung des Bildpunktes vom Scheitel der letzten Fläche) für die verschiedenen Farben gleich sind, aber nicht die Brennweiten. Beseitigt kann der Farbenvergrößerungsfehler durch richtige Wahl der Linsendicken werden.

4. Verzerrung oder Fehler gegen die Sinusbedingung.

Ebenso wie die verschiedenfarbigen Strahlen gleiche Schnittweiten haben können, ohne daß auch die Brennweiten gleich sein müssen, können bei gehobenem Kugelgestaltfehler die Brennweiten des Objektivs für verschiedene Öffnungen verschieden sein. Ist dies der Fall, so hat das Objektiv einen Fehler, welcher Verzerrung oder auch der Fehler wegen der Sinusbedingung genannt wird. Er bewirkt, daß in Bildpunkten, welche nicht weit seitlich von der Achse abstehen, die Verteilung des Lichtes eine unsymmetrische wird, daher der Name Verzerrung. Dieser Fehler ist ein Fehler des Bildpunktes, er hat deshalb mit dem Verzeichnung oder Distorsion genannten Fehler, der ja ein Flächenfehler ist, nichts gemein. Beseitigt kann die Verzerrung durch passende Wahl der Krümmung des Objektivs werden.

Von den bisher betrachteten vier Fehlern kann ein Objektiv freigemacht werden, welches nur aus zwei Linsen besteht. Es ist notwendig:

1. Wegen der Brennweite, welche das Objektiv erhalten soll, der positiven Linse eine bestimmte Brennweite zu geben.

2. Wegen der Beseitigung des Farbenfehlers die Brennweite der negativen Linse entsprechend anzunehmen.

3. Wegen der Beseitigung der Verzerrung der positiven Linse eine bestimmte Form zu geben.

4. Wegen der Aufhebung des Kugelgestaltfehlers der negativen Linse eine bestimmte Form zu geben.

5. Wegen der Aufhebung des Farbenvergrößerungsfehlers für beide Linsen entsprechende Dicken anzunehmen.

Es ist also bei jeder Linse über Brennweite, Form und Dicke verfügt, d. h. die vier Krümmungsradien der zwei Linsen und ihre Dicken sind festgelegt, irgend ein weiterer Fehler läßt sich ohne Einführung eines größeren Abstandes zwischen den Linsen mit nur zwei Linsen nicht mehr heben, wenn man nicht einen der bisher behandelten preisgibt.

Die vier betrachteten Fehler gehören alle dem Bilde eines in der Achse liegenden Objektpunktes an. Betrachten wir jetzt das Bild eines weit seitlich von der Achse im Unendlichen liegenden Objektpunktes, so können wir noch Fehler feststellen und heben, welche nur bei einem ausgedehnten Bild in Erscheinung treten und deshalb Flächenfehler genannt werden können.

5. Astigmatismus.

Sendet ein seitlich von der Achse im Unendlichen gelegener Objektpunkt Lichtstrahlen auf eine Kugelfläche (von sehr kleiner Öffnung), so tritt eine neue Eigenschaft der Kugelfläche in Erscheinung. Jede Ebene, welche man durch eine Kugel so legt, daß sie den Kugelmittelpunkt enthält, schneidet aus der Oberfläche der Kugel einen Kreis, dessen Halbmesser gleich demjenigen der Kugel ist. Man nennt diese Kreise größte Kreise. Jede durch die Kugel gelegte Ebene aber, welche den Kugelmittelpunkt nicht enthält, schneidet aus der Oberfläche einen Kreis, dessen Halbmesser kleiner ist als der Kugelhalbmesser. Läßt man den einfallenden Strahl sich selbst parallel so verschieben, daß der Einfallspunkt sich auf einem größten Kreis bewegt, so ändert sich der Einfallswinkel, d. i. der Winkel, welchen der einfallende Strahl mit dem Lot bildet, rasch. Verschiebt man dagegen den einfallenden Strahl sich selbst parallel so, daß der Einfallspunkt sich auf einen Kreis bewegt, welcher auf jenem größten Kreis senkrecht steht, so ändert sich der Einfallswinkel in geringerem Grade. Die Ebene, in welche sich der Strahl im ersteren Fall bewegt, enthält die Achse und heißt Meridionalschnitt, diejenige, in welcher es im zweiten Fall verschoben wird, enthält die Achse nicht, sie wird Sagittalschnitt genannt. Die im Meridionalschnitt verlaufenden Strahlen werden stärker gebrochen als die im Sagittalschnitt verlaufenden, weil der Meridionalschnitt einen größten Kreis aus

der Kugeloberfläche schneidet, es wird also die Vereinigung der im Sagittalschnitt verlaufenden oder Sagittalstrahlen auf den Hauptstrahl später stattfinden, als diejenige der Meridionalstrahlen. Bringt man die Mattscheibe in den Vereinigungspunkt der Sagittalstrahlen, so zeigt sich das Bild des seitlichen Objektpunktes als eine nach der Mitte der Mattscheibe gerichtete Linie, im Vereinigungspunkt der Meridionalstrahlen aber zeigt die Mattscheibe das Bild des seitlichen Objektpunktes als eine auf der vorigen Richtung senkrecht stehende Linie (tangentielle Richtung). Zwischen diesen beiden Stellungen wird der Objektpunkt als Ellipsen- in einer Stellung als Kreisscheibchen abgebildet. Diese in der Natur der Kugelflächen begründete Erscheinung wird Astigmatismus genannt. Die Entfernung der beiden Vereinigungen auf dem Hauptstrahl heißt astigmatische Differenz.

Der Astigmatismus verhindert das Zustandekommen scharfer Bilder auch bei ganz kleiner Öffnung. Aufgehoben kann der an einer Fläche entstehende Astigmatismus dadurch werden, daß man das Lichtbündel an einer entgegengesetzt wirkenden Fläche so brechen läßt, daß die Vereinigungen der Sagittal- und Meridionalstrahlen wieder gleich weit auseinander zu liegen kommen. Hieraus sieht man sofort, daß der Astigmatismus an einer unendlich dünnen Linse nicht zu heben ist, weil nur ein Meniskus mit gleichen Radien diese Bedingung erfüllen könnte, dieser aber unendlich lange Brennweite hat. Bei Einführung von großen Dicken und Verwendung von mehreren Linsen mit Abständen ist aber die Beseitigung des Astigmatismus auf die angeführte Art möglich.

6. Bildkrümmung.

Ist der Astigmatismus beseitigt, so wird der im Unendlichen seitlich von der Achse liegende Objektpunkt wieder als Bildpunkt abgebildet. Damit dieser Bildpunkt aber auch wirklich auf die photographische Platte kommt, muß er in einer im Achsenbildpunkt senkrecht zur optischen Achse errichteten Ebene liegen, d. h. das Bild muß frei sein von Bildkrümmung. Dies läßt sich erreichen durch passende Wahl des Abstandes der Linse oder des Linsensystems von dem Punkte, in welchem der Hauptstrahl die Achse kreuzt, dem Blendenort.

7. Koma.

Lassen wir die Annahme fallen, daß das vom seitlichen Objektpunkt kommende Lichtbündel kleine Öffnung habe, so tritt eine ähnliche Erscheinung auf wie die sphärische Aberration beim Bildpunkt in der Achse. Die Strahlen werden nicht mehr in einem Punkt ge-

sammelt. Man nennt dies die sphärische Aberration schiefer Büschel, dieselbe weist aber eine andere Erscheinung auf als beim Achsenbildpunkt, weil im Meridionalschnitt zu beiden Seiten des Hauptstrahls verschieden viele Strahlen auf die Fläche treffen, wenn der Hauptstrahl nicht gerade den Scheitel der Fläche trifft. Infolgedessen entsteht nicht ein kreisrundes Scheibchen, wie beim Achsenpunkt, sondern die Lichtverteilung ist in radialer Richtung unsymmetrisch. Wegen dieses Aussehens, ein dichter Kern mit verwaschener Verlängerung in einer Richtung, hat man diese Erscheinung auch Koma genannt. Auch dieser Fehler kann durch richtige Wahl der Blendenörter beseitigt werden.

8. Verzeichnung oder Distorsion.

Das auf der photographischen Platte entstehende Bild soll dem Objekt wirklich ähnlich sein. Es sollen gerade Linien wieder als gerade Linien abgebildet werden, mit anderen Worten: das Objektiv darf nicht verzeichnen. Ein Strahl, welcher ein Objektiv so durchsetzt, daß er nach dem Durchgang durch das Objektiv den gleichen Winkel mit der Achse bildet wie vor dem Eintritt, wird ein Hauptstrahl genannt. Wählt man einen solchen Hauptstrahl als Mittelstrahl des seitlichen Büschels und korrigiert den Bildpunkt auf ihm richtig, so muß auch das Bild frei von Verzeichnung sein.

ZWEITES KAPITEL.

GESCHICHTLICHES ÜBER KAMERA UND OBJEKTIVE.

In einer wohlverdunkelten Kammer (Fig. 13), in welche das Licht durch eine kleine Öffnung fällt, bilden sich die äußeren Gegenstände auf einer weißen Wand, welche man hinter dieser Öffnung aufstellt, ab, eine Tatsache, die schon seit mehreren Jahrhunderten bekannt ist

(siehe Genaueres darüber in Eder, Geschichte der Photogr. 3. Aufl. 1905, S. 26). Einige behaupten, die Camera obscura sei schon von dem englischen Franziskanermönch Roger Bacon im 13. Jahrhundert erfunden worden. Dem gegenüber stellt Generalmajor J. Waterhouse

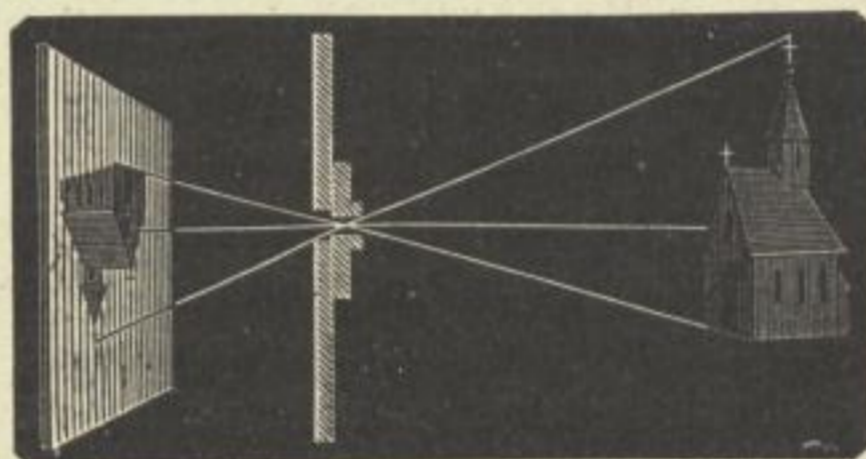


Fig. 13. Bild in der Lochkamera.

in „The Journ. of the Camera Club 1902, Nr. 196, S. 115 fest: Bereits Aristoteles beschrieb um 350 v. Chr. im 15. Buche seiner „Problemata“ den Strahlengang durch eine kleine Öffnung, der bewirkt, daß bei Sonnenfinsternissen die Sonnenflecken unter Bäumen nicht kreisförmig bleiben, sondern genau die Form der verfinsterten Sonnenscheibe wiedergeben. In ägyptischen Gräbern und in Pompeji wurden Linsen von großen Durchmesser gefunden, die wahrscheinlich als Beleuchtungslinsen gedient hatten. Claudius Ptolomäus beschreibt um 150 n. Chr. genau die Brechung und Reflexion des Lichtes an Konvex- und Konkavlinen, sowie Spiegeln. Ebenso kannten Seneka und Plinius alle diese optischen Tatsachen genau. Unabhängig davon durchforschte Abu Ali Alhassan um 1100 die Gesetze der Lichtbrechung und beschrieb die Form der durch Linsen erzeugten reellen und imaginären Bilder. Der nächste Forscher, der die Abbildung von Gegenständen mit Hilfe von Konkavspiegeln und Konvexlinsen ausführlich schilderte, war Roger Bacon um 1270, der auch dem Papste Clemens zu Versuchszwecken

eine Konvexlinse sandte. Der Maler und Architekt Leon Battista Alberti konstruierte 1437 eine Art Laterne Magica, mit der er seinen Besuchern Bilder aus allen Weltgegenden vorführte. Um die Wende des 15. Jahrhunderts bewirkten dann die Untersuchungen Leonardo da Vincis eine immer rascher aufsteigende Entwicklung der Optik [vergl. Manuskripte von Leonardo, vol. D, fol. 8 in der Nationalbibliothek zu Paris und Caesariano 1521 (vergl. Anmerkung desselben zu „Vitruvio de Architecture“, Como 1521, fol. 23)]. In Deutschland machten mit Hilfe der Lochkamera Erasmus Reinhold (1540) und seine Schüler Gemma Frisius, Moestlin u. a. Beobachtungen der Sonnenfinsternis. 1550 veröffentlichte Hieronymus Cardani in „De Subtilitate“ S. 107 ein Verfahren, mit Hilfe der Camera obscura und eines Hohlspiegels vom Zimmer aus Vorgänge von der Straße zu beobachten und erst 1558 veröffentlichte Porta in seiner „Magia naturalis“ (1. Ausg., 4. Bd., II. Kap., S. 143) dieses Verfahren als von ihm selbst erfunden. Die erste Verwendung einer Kamera mit einer bikonvexen Linse muß dem Venetianer Daniel Barbaro zugeschrieben werden, der 1568 in seinem Werke „La practica della prospettiva“ S. 192 die Verbindung der Linse mit der Camera obscura beschreibt. Porta gab erst in seiner 2. Ausgabe der „Magia naturalis“ vom Jahre 1589 6. Kap. eine Schilderung der Camera obscura mit Linse. Das Verdienst von Porta besteht darin, die Erfindung der Camera obscura durch eine klare volkstümliche Beschreibung bekannt gemacht zu haben.

Damals waren ganze Zimmer als Kameras eingerichtet; später machte man transportable Kameras. — Die tragbare kleine Camera obscura wurde 1665 von Johann Zahn¹⁾, dann vor 1679 von Robert Hooke beschrieben und Marco Antonio Cellio gab 1687 eine tragbare Kamera an, die vorzüglich dazu diente, Kupferstiche, Gemälde und Schattenrisse geschwind abzuzeichnen. Daß das Bild in der Camera obscura nicht immer die Natur absolut genau wiedergibt, sondern häufig in der Perspektive täuscht, bemerkte Georg Büsch 1775.

Schon im 18. Jahrhundert war die Camera obscura fast ausschließlich unter Benutzung einer Sammellinse verwendet worden.

Bei den durch gewöhnliche Sammellinsen erzeugten Bildern tritt eine Undeutlichkeit hervor, welche darin ihren Grund hat, daß das Licht verschiedener Farben verschiedene Brechbarkeit hat; die violetten Strahlen konvergieren stärker als die roten (s. Seite 7).

Bei jeder Entfernung, welche kleiner ist als die Brennweite für Strahlen mittlerer Brechbarkeit, erhält man als Bild einer weißen Scheibe

1) Siehe Eders Geschichte d. Phot. 3. Aufl. 1905. S. 33.

eine weiße Scheibe, die mit einem roten Rande umgeben ist; in Abständen, die größer sind als die mittlere Brennweite, dagegen eine weiße Scheibe, die von einem blau-violetten Rande umgeben ist. — Diese schon von dem Abt Franciscus Mourolycus 1575 für Kugeln beobachtete und 1604 von Keppler genauer studierte Erscheinung läßt sich durch passende Kombination verschiedener Glaslinsen (z. B. Flint- und Crown Glas) beseitigen, wie schon Dollond 1758 zeigte.

Schon Johann Baptist Porta bediente sich im 16. Jahrhundert als Objektiv einer plankonvexen Linse, deren konvexe Seite er dem Auge des Beschauers zuwendete — also die plane Seite gegen das Objekt richtete. Diese Linsenform, welche günstiger als die bikonvexe ist, verdrängte die letztere Form allmählich.

Die Einführung des Meniskus als Objektiv für die Kamera verdanken wir Wollaston, welcher am 11. Juni 1812 der „London Society“ ein Memoire über die Vorteile dieser Linsenform gegenüber der bikonvexen oder plankonvexen Linse übergab.

Wollaston machte das Objektiv periskopisch, d. h. er nahm einen konkav-konvexen Meniskus, dessen konkave Seite dem Objekt zugekehrt war und von welchem die Radien der Krümmungsflächen, zufolge der Erfahrungen von

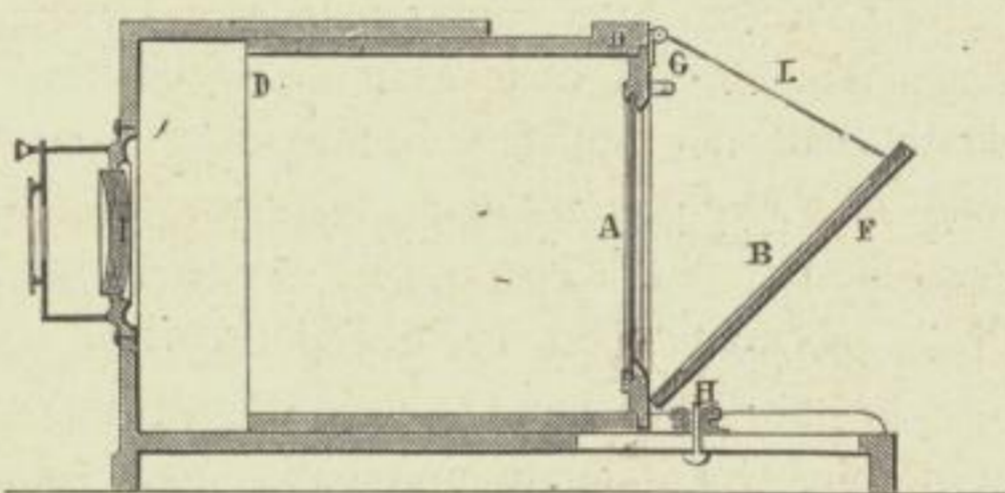


Fig. 14.

Cauchoix, wie 5 zu 8 sich verhalten sollten; die Brennweite variierte zwischen 20 und 30 Zoll. In der Tat gibt der Meniskus eine viel größere scharfe Bildfläche. Bei Anwendung einer Blende $f/30$ erhält man ein Bild = $\frac{1}{4}$ der Brennweite.

Diese Form und die ältere plankonvexe Linse war die Konstruktion der einfachen Objektivs zur Zeit der Entdeckung der Daguerreotypie im Jahre 1839. Wollaston hob ferner deutlich die Wichtigkeit eines bestimmten Blendenortes hervor, was von seinen Nachfolgern nicht berücksichtigt worden zu sein scheint.

Fig. 14 zeigt die Form der von Daguerre im Jahre 1839 gelegentlich der ersten Publikation der Daguerreotypie beschriebenen Kamera, samt Objektiv (*J*). Die Kamera bestand aus zwei übereinander verschiebbaren Holzkästchen (*D*), welche bei *H* festzustellen waren. Hinter der Visierscheibe *A* befand sich ein Spiegel (*BF*), welcher bewirkte, daß der Beschauer das verkehrte Visierscheibenbild aufrecht erblickte.

Die ersten Objektive zur Daguerreotypie erzeugte Chevalier, der anfangs für Daguerre eine einfache Linse anfertigte¹⁾; die Form derselben geht deutlicher aus Fig. 22 hervor.

Die älteren von Daguerre verwendeten einfachen Linsen hatten meistens eine Öffnung von 3 Zoll und etwa 16 Zoll Brennweite, welche jedoch durch ein vorgesetztes, in 3 Zoll Entfernung von der Linse gestelltes Diaphragma auf 1 Zoll reduziert wurde.²⁾

Daguerre exponierte im Jahre 1839 20 Minuten mit solchen einfachen, beiläufig zweizölligen Linsen. Townson, der größere Linsen vorschlug und genauere Korrektur des Brennpunktes vornahm, brachte es dahin, daß Draper in New York 1840 das erste Porträt einer lebenden Person erhielt.³⁾ Die mit 10 bis 20 Minuten aufgenommenen Porträte waren aber immer nur verwaschene und undeutliche Umrisse, da sich während der langen Zeit die zu porträtierende Person niemals in einer freien ungezwungenen Haltung behaupten konnte.

Bis zur Entdeckung der Daguerreotypie war man der Ansicht, daß eine für unser Auge achromatisierte Linse auch für photographische Zwecke eine hinlängliche Achromasie besitze. Der erste, welcher beobachtete, daß der optische Brennpunkt einer derartigen Linse mit dem chemischen Brennpunkt der „photographisch wirkenden“ Strahlen nicht identisch ist, war Townson, welcher im Jahre 1839 darüber im „Philos. Magazin“ (Bd. 15, S. 381) schrieb.

Ausführlicher befaßte sich Claudet (1844) und Cundell (1844⁴⁾ mit diesem Gegenstande und gaben eine Tabelle über die verschiedene Lage des chemischen und optischen Brennpunktes oder, wie man auch kurzweg sagt, des „chemischen Fokus“.

Claudet machte, wie erwähnt, am 20. Mai 1844 auf die Verschiedenheit der Lage des optischen und photographischen Brennpunktes — foyer optique und foyer photogénique oder chimique — aufmerksam und kam 1849 und 1850 auf den Gegenstand zurück⁵⁾; er bemerkte, es sei durch die Konstruktion (Änderung der Krümmungsverhältnisse) der Linsen nicht möglich, dies Zusammenfallen beider völlig zu be-

1) Chevalier hatte mehrmals in Abhandlungen in der „Société d'encouragement“ in Paris auf die Vorteile des Meniskus hingewiesen und auch das Reflexionsprisma damit kombiniert (Chevalier, *Mélanges photographiques*. Paris 1844. Siehe auch Eders Ausführl. Handbuch d. Phot. Geschichte. I. Band, 1. Abt., S. 115).

2) Petzval, Bericht über die Ergebnisse einiger dioptrischer Untersuchungen. 1843. S. 1.

3) Krüger, *Vademecum der Photographen*. 1858. S. 4.

4) *Philos. Magaz.* Bd. 25, S. 24; Bd. 25, S. 173. *Dinglers Journ.* Bd. 92, S. 371.

5) *Compt. rend.* Bd. 18, S. 954.

wirken, da für verschiedene photographische Präparate die wirksamsten Strahlen im Spektrum sehr weit auseinanderliegen können. Z. B. habe ein Objektiv für gelb jodierte Silberplatten (Daguerreotypplatten) eine andere beste Brennweite, wie etwa für Bromsilberpapier, während das Auge in beiden Fällen das schärfste Bild in derselben Entfernung vom Objektiv erhält. Das einfachste Mittel bleibe bis jetzt, zu ermitteln, wie viel man für ein bestimmtes Präparat die optische Brennweite des Objektivs zu korrigieren habe.¹⁾ Auch Zantedeschi und Borlinetto fanden 1856 dasselbe und gaben an, daß die relative Lage des „chemischen Brennpunktes“ und des „optischen“ in verschiedenen Stunden des Tages wechsele. Sie wollten auch die Wärmestrahlen von den chemischen Strahlen trennen²⁾, welches letztere aber ziemlich belanglos ist.

Lerebours und Secretan fanden im Jahre 1849³⁾, daß ein Objektiv, welches beim Daguerreotypverfahren keinen chemischen Fokus zeigte, eine leichte Differenz für das nasse Verfahren ergab, was durch die verschiedene Lage des Maximums der Empfindlichkeit gegen farbige Strahlen bei verschiedenen lichtempfindlichen Präparaten verursacht ist.

Die Einführung von photographischen Doppelobjektiven, welche sowohl in bezug auf Korrektheit der Zeichnung als auch auf Lichtkraft den einfachen Linsen überlegen sind, nahm im Jahre 1840 ihren Aufschwung.

Prof. Josef Petzval in Wien und der Optiker Ch. Chevalier in Paris beschäftigten sich 1840 gleichzeitig und unabhängig voneinander mit der Konstruktion zusammengesetzter photographischer Objektivs.

Josef Petzval, Professor der Mathematik in Wien, beschäftigte sich, angeregt durch Ettingshausen in Wien, im Verlaufe des Winters 1840 mit Untersuchungen über die Objektivs, deren erstes praktisches

1) Vergl. die späteren Abhandlungen Claudets (Compt. rend. 18. Oktober und 20. Dez. 1847 und 1851. Bd. 32, S. 130). — Ferner Recherches sur la theorie des principaux phenomenes de photographie par Claudet. Paris 1849; aus „Nouvelles recherches sur la difference entre les foyers visuels et photogenique et sur leur constante variation. 1851. Paris. — Vergleiche auch den Bericht Claudets in „Revue Photographique“. 1857. S. 250.

2) Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Bd. 21, S. 521. Horns Phot. Journ. Bd. 7, S. 75.

3) Lerebours und Secretan: „Recherches sur la theorie des principaux phenomenes de photographie“ 1850; „Nouvelles recherches sur la difference entre les foyers visuel et photogenique“. Beiden Publikationen lagen Vorträge Claudets zugrunde. (Kreutzers Jahrber. f. Phot. 1857. S. 437.)

Eder, Handb. d. Photogr. I. Teil. 2. Hälfte. 3. Aufl.

Ergebnis die Berechnung eines Porträtobjektives war.¹⁾ Die Resultate dieser Berechnungen übergab Petzval im Jahre 1840 dem Optiker Voigtländer in Wien, welcher damit 1841 in die Öffentlichkeit trat, nachdem der nachmalige Bibliothekar Martin die ersten gelungenen Porträtaufnahmen gemacht hatte. Diese Objektive wurden später unter dem Namen der Petzvalschen oder, nach ihrem ersten Erzeuger, der Voigtländerschen Porträt-Doppelobjektive bekannt.

Petzval förderte die Photographie mächtig durch die Berechnung seines lichtstarken Objektives, welches die bis dahin gebräuchlichen einfachen Linsen an Lichtkraft bedeutend übertraf. Die Linsen waren so lichtstark (zehnmal lichtstärker als die besten damals gebräuchlichen), daß es eigentlich erst durch die nunmehr wesentlich abgekürzte Belichtung möglich wurde, das Gesicht einer Person ohne Schwierigkeit zu porträtieren.²⁾

Prof. Dr. Josef Petzval wurde am 6. Januar 1807 in Bela, einem Dorfe in der Zips im nördlichen Ungarn, von deutschen Eltern geboren. Er studierte und promovierte an der Pester Universität, an welcher er im Jahre 1832 supplirender, 1835 wirklicher Professor der höheren Mathematik wurde. Bereits im darauffolgenden Jahre erhielt er die ordentliche Professur desselben Faches an der Wiener Universität, welche vor ihm J. J. v. Littrow und A. v. Ettingshausen bekleidet hatten, und welche er bis 1884 verwaltete. Unter seinen Schülern haben sich viele später als Mathematiker ausgezeichnet, so der Maschinenbauer v. Schmidt, der Technologe Ignaz Heger, der Mathematiker Pr. Kolbe, der Musiker Josef Derffel, der Physiker Oskar Simony, Dr. A. Steinheil usw.

Unter seinen theoretischen Arbeiten sind die hervorragendsten: 1. die von der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien 1851 bis 1859 herausgegebene Schrift „Integration der linearen Differentialgleichungen mit konstanten und veränderlichen Koeffizienten“, zwei Bände, 4^o, 416 und 686 Seiten; 2. die in den Denkschriften derselben Akademie erschienene Abhandlung über das Prinzip der Erhaltung der Schwingungsdauer. Er hat auch wiederholt über die Ergebnisse seiner theoretischen und praktischen Untersuchungen auf dem Felde der Optik (Camera

1) Petzval, Bericht über die Ergebnisse einiger dioptrischer Untersuchungen. Sept. 1843. — Auf Befehl des Generaldirektors Erzherzog Ludwig unterstützten zwei Oberfeuerwerker und acht im Rechnen geübte Bombardiere des österreichischen Bombardierkorps, sowie sein Assistent Reisinger durch mehrere Jahre Prof. Petzval bei seinen Berechnungen.

2) Erste Beschreibung des Voigtländerschen Apparates s. Dingers Polytechn. Journ. 1841. Bd. 79, S. 80 und 83.

obscura, Fernrohr, Mikroskop) berichtet, vornehmlich in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie. In seiner kleinen, auf dem Kahlenberge nächst Wien errichteten optisch-mechanischen Werkstätte hat er zahlreiche und weittragende Versuche in Photographie, Beleuchtungslehre, Ballistik usw. angestellt, deren mitunter sehr interessante Ergebnisse bisher leider nicht zusammengestellt sind.

Seine Tätigkeit auf dem Gebiete der photographischen Optik war bahnbrechend. Zur Zeit der Erfindung der Daguerreotypie bediente man sich einfacher achromatischer Linsen, welche stark abgeblendet werden mußten, um ein genügend deutliches Bild zu geben. Für die Entwicklung der Photographie war es von höchstem Werte, eine aplanatische, sehr lichtstarke Linse zu konstruieren, welche bei voller Öffnung deutliche und möglichst gleichmäßig helle Bilder gibt. Diese Aufgabe stellte sich Petzval unmittelbar nach dem Bekanntwerden der Daguerreotypie und der französischen unvollkommenen Objektive. Er kam durch geniale mathematische Untersuchungen zu seinem berühmten Porträt-Doppelobjektive.

Prof. Petzval machte im Jahre 1840 die Bekanntschaft Friedrich v. Voigtländers und dieser führte das erste photographische Porträtobjektiv nach dessen Berechnungen aus, für welche Voigtländer die Brechungs- und Zerstreungsindices der verwendeten Glassorten lieferte.

Die Petzvalsche Erfindung der lichtstarken Doppelobjektive besaß eine viel größere Tragweite, als man zur Zeit der ersten Erfindung ahnte. Petzvals Verdienst ist ein so bewunderungswürdiges, als er seine ausgezeichnete Linsenkonstruktion, welche noch heute in bezug auf Lichtkraft unübertroffen ist, auf rein rechnerischem Wege fand. Er berechnete auch damals schon ein anderes Objektiv, welches ein ausgedehntes scharfes und korrekteres Bild gab, und erst 17 Jahre später unter dem Namen Orthoskop in die Öffentlichkeit gebracht wurde.¹⁾ Das erste Petzval-Orthoskop wurde im Jahre 1907 der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien zum Geschenk gemacht. Voigtländer hatte die Ausführung dieses, neue Bahnen brechenden Doppelobjektives mit einer Sachkenntnis, Energie und Ausdauer in Angriff genommen, die der Tragweite der Erfindung angemessen war und seinen Namen rasch in alle Weltteile trug.²⁾ Der

1) Petzval, Bericht über dioptrische Untersuchungen (Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissenschaften. 1857).

2) Friedrich Ritter v. Voigtländer stammt aus der alten deutschen Familie Voigtländer, deren bedeutende Leistungen auf dem Gebiete der Optik sich weit über ein Jahrhundert hinaus verfolgen lassen. Friedrich v. Voigtländer war

unbeugsame und geschäftlich völlig unpraktische Geist Petzvals brachte ihn in Differenzen mit Voigtländer, mit welchem er anfangs zur Erzeugung der Porträtobjektive in Verbindung gestanden hatte. Voigtländer erzeugte dann selbständig sehr gute Porträtobjektive nach Petzvals System und verlegte seine berühmte Fabrik in der Folge von Wien nach Braunschweig. Petzval seinerseits trat mit dem Wiener Optiker Dietzler in Verbindung und dieser erzeugte Petzvalsche Porträtobjektive und Orthoskope; trotzdem diese Fabrik durch eine Reihe von Jahren solche Objektive lieferte¹⁾, wurde sie später wegen ungünstiger finanzieller Verhältnisse aufgelassen, und Petzval hat niemals die Früchte seiner Erfindung geerntet. Es ist bedauerlich, daß Petzval und Voigtländer in einen heftigen Streit über ihren Anteil an der Erfindung der Porträtobjektive gerieten. Beide haben ein großes Verdienst um die photographische Optik: Prof. Petzval ist der Berechner und Erfinder des Porträtobjektives, Voigtländer hat durch die korrekte Ausführung dieser Objektive und ihre spätere Verbesserung dieselben in die Praxis eingeführt.

Prof. Petzval hat die Einzelheiten seiner Objektivberechnungen nicht publiziert. Allerdings publizierte er in seinen „Berichten über die Ergebnisse einiger dioptrischer Untersuchungen“ (1843) und einigen Abhandlungen in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften eine Reihe seiner Untersuchungen. Die auf die Berechnungen für seine Objektivkonstruktion Bezug habenden Manuskripte Petzvals wurden durch ein eigentümliches Mißgeschick teilweise zerstört. Prof. Petzval wohnte nämlich in der Umgebung von Wien in einem Landhause, in welchem Diebe einen Einbruch verübten und bei dem Suchen

im Jahre 1812 in Wien geboren, studierte am Wiener Polytechnikum und übernahm im Jahre 1835 das Geschäft seines Vaters und richtete sein Augenmerk auf die fernere theoretische Ausbildung; er beschäftigte sich mit der Berechnung der Brechungs- und Zerstreungsverhältnisse der Glasmassen, was ihm bei der Ausführung der ersten photographischen Petzval-Objektive große Dienste leistete.

Die Ausdehnung des Absatzes der Doppelobjektive bewog ihn (1849) zur Errichtung eines zweiten Etablissements in Deutschland, nämlich in Braunschweig, während die Wiener Anstalt später aufgelassen wurde. Im Jahre 1867 fanden Voigtländers Porträtobjektive gelegentlich der Pariser Weltausstellung die vollste Anerkennung und es erhielt Voigtländer vom Kaiser von Österreich den Orden der eisernen Krone und die Erhebung in den Ritterstand, nachdem ihn der Kaiser schon früher durch Verleihung des erblichen Adels ausgezeichnet hatte. Nach dem Tode Friedrich Ritter v. Voigtländers führte sein Sohn das Etablissement in ausgezeichnete Weise fort, bis zum Jahre 1897, wo es in eine Aktiengesellschaft umgewandelt wurde.

1) Viele Objektive waren von Dietzler ohne gehörige Kontrolle abgegeben worden und besaßen außerordentliche Fehler in den Gestalten, namentlich waren sie unsphärisch, so daß dadurch die Rechnungen Petzvals nicht zur Geltung kamen.

nach Wertpapieren Petzvals Aufzeichnungen zerstreuten und teilweise vernichteten. Diese Manuskripte ordnete Prof. Petzval später nicht mehr.

Die wichtigsten Daten über die ältesten Formen der Petzvalschen Porträtlinse finden wir in einer Schrift Voigtländers (s. u.).

Wir bringen das wohlgetroffene Porträt Petzvals aus der Zeit seines besten Schaffens (1854), sowie dasjenige seines Zeitgenossen und ersten Mitarbeiters Voigtländer als Heliogravurebeilage in diesem Werke.

Die älteren photographischen Objektive bis gegen Ende der fünfziger Jahre zeigten sog. „Fokussdifferenz“ und es mußte zur Korrektur dieses Fehlers die Distanz der Linse von der Visierscheibe nach der Einstellung um ein gewisses Stück geändert werden. Die von Fokussdifferenz befreiten achromatischen Objektive kamen verhältnismäßig spät in den allgemeinen Gebrauch; Voigtländer führte im Jahre 1858 derartige Porträtobjektive, bei welchen die Fokussdifferenz korrigiert war, ein, und vom Objektiv Nr. 7200 an, welches am 28. Mai 1858 die Voigtländersche Anstalt verließ, waren alle deren photographischen Objektive von Fokussdifferenz frei.

Petzval hatte schon im Jahre 1840 neben der Berechnung seiner lichtstarken Kombination auch die Rechnung einer besonders für Landschaften und Reproduktionen geeigneten Linsenform vorgenommen, bei welcher die Vorderlinse analog wie beim Porträtobjektive war, aber die Hinterlinse andere Formen aufwies (s. u.).

Das Orthoskop wurde nach den älteren Berechnungen Petzvals¹⁾ vom Jahre 1840 durch den Optiker Dietzler in Wien 1857 im Auftrage Petzvals ausgeführt, zugleich aber auch von Voigtländer, welcher betreffs der von ihm bestrittenen Neuheit dieser Konstruktion mit Petzval in eine Kontroverse geriet. Da es eine viel größere Öffnung gestattete als die einfache Landschaftslinse, ohne daß die Deutlichkeit Einbuße erlitt, und bei gleicher Schärfe eine ungefähr doppelte bis dreifache Lichtstärke besaß als die letztere und die Benutzung großer Landschaftslinsen entbehrlich machte, so wurde es 1858 als das beste der damals bekannten Instrumente für Landschaften und

1) Petzval übertrug die Ausführung des Orthoskopes an Dietzler, welchen er als allein hierzu autorisiert erklärte, da nur dieser im Besitze seiner Berechnungen sei. Voigtländer wies auf das 1841 angefertigte Probeobjektiv derselben Konstruktion hin und beanspruchte das Recht der Priorität der ersten Ausführung desselben. (Vergl. die umfangreiche Streitschrift „Akademiker Prof. Dr. Petzval in Wien beleuchtet von Voigtländer.“ 1859.)

zur Reproduktion von Zeichnungen bezeichnet¹⁾, obschon es nicht völlig frei von Verzeichnung war.

Das Petzvalsche, von Voigtländer in Wien ausgeführte Porträt-Doppelobjektiv wurde zugleich mit dem von Chevalier konstruierten der Société d'encouragement in Paris vorgelegt. Chevalier erhielt 1842 den ersten Preis, eine Platinmedaille, für sein Objektiv mit zwei Gläsern und veränderlicher Brennweite, bei welchem die sphärische Aberration vermindert war und wobei durch Verstellen oder Austauschen der Gläser die Brennweite und dadurch zugleich die Bildgröße verändert werden konnte.

Die Doppelobjektive von Charles Chevalier hatten die in Fig. 15 und Fig. 16 abgebildete Form.²⁾ Die erste Form war namentlich für

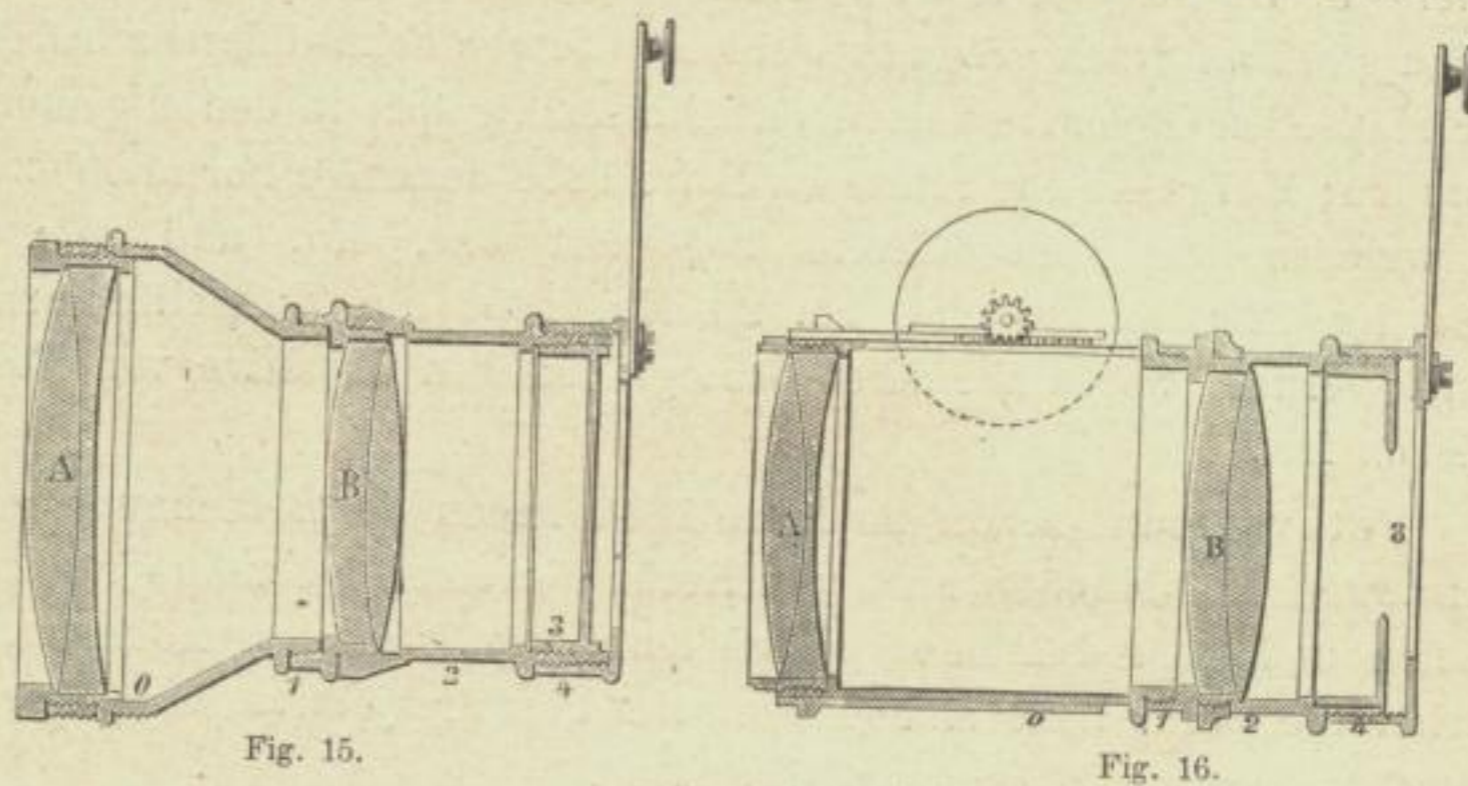


Fig. 15.

Fig. 16.

Landschaften bestimmt und es wurde bei Daguerreotypaufnahmen ein Glasprisma mit amalgamierter Hypotenuse zur Umkehrung des Bildes verwendet. Für Porträte wurde die Vorderlinse belassen, jedoch eine andere Hinterlinse in die Fassung eingesetzt, so daß die Kombination die Form von Fig. 16 erhielt.

Hier haben wir also die erste Kombination von Porträt- und Landschafts-Doppelobjektiven vor uns.

Voigtländer erhielt im Jahre 1841 von der Société d'encouragement für das von ihm ausgeführte Petzvalsche Objektiv damals die Silberne Medaille. Somit ist die Priorität des deutschen und des französischen Erfinders strittig; so viel ist aber sicher, daß Chevaliers

1) Nach dem Berichte von Foucault, Bayard und Bertsch vor der Pariser Photogr. Gesellschaft (Horn's Phot. Journal. 1858. Bd. 9, S. 4 und 59. Bull. Soc. française).

2) Nach Ch. Chevalier, Mélanges photographiques. Paris 1844.

Objektiv allmählich außer Gebrauch kam und das Petzval'sche Objektiv eine ungeheure Verbreitung gewann und heute noch mit Recht besitzt.

Im Jahre 1860 wurde von Harrison die Kugellinse erfunden, welche aus zwei gleichen achromatischen Menisken bestand (s. u.) und wegen der korrekten Zeichnung und seines ungewöhnlich großen Gesichtsfeldwinkels ziemliche Verbreitung als Weitwinkelinstrument fand, trotz mehrfacher Mängel (s. u.). Im Jahre 1861 trat Dallmeyer mit seiner Triplet-Linse hervor, welche lichtstärker als diese Linse war und zu Gruppenaufnahmen und Reproduktionen verwendet wurde.

Im Jahre 1865 befaßte sich Dr. A. Steinheil in München mit Objektivkonstruktionen und von da ab datiert eine neue Epoche der Objektivkonstruktion.¹⁾ Nachdem Steinheil sich zuerst mit dem

1) Dr. A. Steinheil wurde in München am 12. April 1832 geboren; er studierte am Gymnasium in München und Augsburg, besuchte 1849—1850 das Polytechnikum in München und übersiedelte im Juli 1850 nach Wien, wohin sein Vater zur Errichtung des Telegraphen berufen worden war. Nach der Fortsetzung seiner Studien am Wiener Polytechnikum und der Universität (1850 und 1851) wurde er im August 1851 als Assistent im Telegraphenfache angestellt.

Im November 1852 kehrte er nach München zurück und warf sich dann auf Optik, da sein Vater vom König Maximilian II. aufgefordert worden war, dafür zu sorgen, daß das Renommee, das Bayern in der Optik durch Fraunhofer gewonnen hatte, nicht verloren gehe.

1853—1855 beteiligte sich Adolph Steinheil an den Vorarbeiten zur Errichtung des optischen Institutes, besonders mit den Berechnungen. 1855 im Mai ward das Institut eröffnet.

Die Rechenmethoden für zwei Bildpunkte, einen in der Achse, der zweite seitlich von der Achse gelegen, bildeten die nächsten Jahre seine Hauptbeschäftigung. Bei der Berechnung des seitlich gelegenen Bildpunktes zeigte es sich, daß außer den Strahlen außer der Achse in der Achsenebene auch noch jene außer der Achsenebene gerechnet werden müssen, zu welchem Zwecke, auf Ersuchen seines Vaters, Prof. v. Seidel 1864 solche Formeln zur Verfolgung beliebiger Strahlen durch ein System zentrierter sphärischer Flächen entwickelte und ihm zur Benutzung übergab. Durch diese Formeln ward es möglich, ein optisches System durch Rechnung allein vollständig fertig zu stellen.

Das erste von ihm berechnete Photographenobjektiv war das Periskop, auf welches 1865 von seinem Vater und ihm ein gemeinschaftliches Patent genommen wurde. — 1865 ging die Werkstätte durch Kauf an Dr. Adolph Steinheil über und er assoziierte sich mit seinem älteren Bruder Eduard*), der hauptsächlich den kaufmännischen Teil des Geschäftes übernahm.

1866 erhielt er Patente auf Aplanate und 1867 auf der Pariser Weltausstellung in der Abteilung für Optik die Goldene Medaille für korrekt zeichnende Konstruktionen (Aplanate, Lupen, Okulare und Fernrohrobjektive), und in der photographischen Ab-

*) Gestorben 1878 auf einer Reise nach Südamerika.

Periskop auf diesem Gebiete versucht hatte, welches mit Ausnahme einer kleinen Fokusdifferenz ein vortreffliches Objektiv in bezug auf korrekte Zeichnung war, berechnete er im Jahre 1865 und 1866 seinen Aplanat, welcher einen großen Fortschritt in der Objektivkonstruktion bedeutet.

Es gebührt also Dr. Adolph Steinheil das große Verdienst, das erste aplanatisch-symmetrische Objektiv konstruiert zu haben: er übersandte am 20. Juli 1866 das erste Exemplar an Monckhoven.¹⁾

Steinheil erhielt am 14. Januar 1867 in Bayern ein Patent auf sein System. Diese Erfindung war sowohl für die Aufnahme von Architekturen, Landschaften, Reproduktionen, Interieurs usw., als für Gruppen von keiner geringeren Bedeutung als die des Petzval-Objektives für Porträtaufnahmen.

Die bedeutende Lichtkraft des Aplanates, sowie dessen absolut scharfe und korrekte Zeichnung bis zum Rande, das Fehlen von Reflex-Lichtflecken sind dessen unschätzbare Vorzüge. Wir bringen ein Porträt dieses hervorragenden Mathematikers und Optikers im weiteren Verlaufe dieses Bandes.

Dem Aplanate von mittlerer Lichtstärke ließ Steinheil seine Landschafts- und Weitwinkelaplanate folgen. Im Jahre 1869 schickte J. M. Dallmeyer ein symmetrisches und aplanatisches Objektiv an Dr. v. Monckhoven zur Prüfung. Dieses Objektiv hatte die Form des Steinheilschen Aplanaten, jedoch eine Öffnung gleich einem Viertel der Brennweite. Es wurde u. a. auch verglichen mit einem Petzval-Objektiv von derselben Öffnung, demselben Durchmesser und derselben Brennweite. Die Prüfung ist jedoch nicht zugunsten dieses

teilung, in welcher die Aplanate totgeschwiegen wurden, eine Bronzene Medaille für den ersten Weitwinkel für Landschaft.

1868 konstruierte er auf Bestellung des k. k. militärgeographischen Institutes in Wien die Weitwinkel für Reproduktion. Nach längeren Studien über Einfluß der Linsendicken erhielt Steinheil 1874 ein Patent auf Porträtaplanate, 1879 über Gruppenaplanate, und nach Durchführung langwieriger Rechnungen, unter Verzicht auf Symmetrie, 1881 das Patent auf Antiplanete. Im Jahre 1890 konstruierte er ein photographisches Fernrohr, welches als Vorgänger der späteren Fern- oder Teleobjektive anzusehen ist. Die Berechnung des Orthostigmaten wurde von seinem Sohn Dr. R. Steinheil unter seiner Leitung ausgeführt. Er starb am 4. November 1893.

1) Darüber entspann sich ein Prioritätsstreit. Dallmeyer griff (Brit. Journ. 1874. S. 584) die Neuheit der Konstruktion an, jedoch endigte die Polemik zugunsten Steinheils. Der letztere hatte schon 1865 in den „Nachrichten von der k. Gesellschaft der Wissenschaften a. d. G.-A.-Universität zu Göttingen“ Konstruktionen mit Flint außen veröffentlicht. (Siehe auch die frühere Erklärung Steinheils, Phot. Corr. 1869. S. 97.)

Objektives ausgefallen und Dallmeyer verzichtete denn auch darauf, dieses Objektiv in den Handel zu bringen.

Im Jahre 1876 konstruierte Voigtländer nach Art der Aplanate symmetrische Objektive, „Euryskope“ genannt, von einer mittleren Helligkeit von $f/5$ bis $f/6$. Dr. v. Monckhoven prüfte dieselben im Auftrage von Voigtländer und verglich sie u. a. auch mit einem Petzval-Objektiv von derselben Öffnung. Die Prüfung zeigte, daß das letztere den Voigtländerschen Euryskopen überlegen ist.

Auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1878 stellte M. Dallmeyer ein Objektiv aus nach dem Typus der Aplanate mit einer Öffnung $f/3$ und einige Monate später war es Adolph Steinheil gelungen, seinen Aplanat auch zu dieser Helligkeit zu bringen. Diese Objektive waren etwas schneller als das Petzval-Objektiv, hatten aber ein weniger ebenes Bildfeld und die Achromasie war auch geringer.

Dallmeyer und Steinheil gaben diese Konstruktionen denn auch später, als sie bessere gefunden hatten, wieder auf. Bei der Konstruktion des Gruppenantiplaneten, die im Jahre 1881 erfolgte, verfolgt Dr. A. Steinheil das Ziel, den Astigmatismus zu verringern, den Fehler, der es unmöglich machte, die Aplanate bei größerer Helligkeit für großes Gesichtsfeld zu korrigieren. Er stellte deshalb in der Vorderlinse die positive Linse aus schwerer brechendem Glas her als die negative Linse, während die Hinterlinse eine normale Kombination einer schwächer brechenden Positivlinse mit einer stärker brechenden Negativlinse war. Da aber alle Gläser mit stärkerer Brechung auch stärkere Zerstreuung zeigten, konnte der stark brechenden positiven Linse nicht die wünschenswerte kurze Brennweite gegeben werden, da es sonst nicht mehr möglich geworden wäre, das ganze Objektiv frei von sphärischer und chromatischer Aberration zu bekommen. Es zeigte sich deshalb die Besserung in bezug auf Astigmatismus beim Gruppenantiplaneten gegenüber dem Aplanaten nicht so bedeutend, als es wünschenswert gewesen wäre. Ganz anders konnte man dem Astigmatismus zu Leibe gehen, als es dem Glaswerk von Schott u. Gen. in Jena gelang, Gläser herzustellen, welche bei starker Brechung verhältnismäßig niedrige Zerstreuung zeigten. Dr. Rudolph in Jena brachte zuerst eine Objektivkonstruktion, bei welcher das neue Glas verwendet war. Dieselbe, bekannt unter dem Namen Zeiss-Anastigmat, zeigte eine ganz erhebliche Verminderung des Astigmatismus gegenüber allen bisher bestehenden Objektiven, obwohl sie sich auf das engste an den Gruppenantiplaneten anlehnte.

Die nächsten Jahre ließen bei allen optischen Instituten das Bestreben erkennen, die neuen Gläser in die bestehenden Objektiv-

konstruktionen einzuführen, so daß dieselben Konstruktionen fast gleichzeitig bei den verschiedenen Firmen gefunden wurden. Das erste Patent auf die Verwendung des neuen Glases im Aplanaten (analog dem sechslinsigen Steinheilschen Reproduktionsaplanaten) erhielt die Firma Goerz in Berlin, da ihr Patent um einige Wochen früher eingereicht wurde als das gleiche von der Firma Steinheil. Das von Herrn v. Hoegh konstruierte Goerzsche Objektiv hat unter dem Namen Doppelanastigmat die weite Verbreitung gefunden, welche es wegen seiner vorzüglichen Korrektur verdient hat. Dr. R. Steinheil gelang es auf eine zweite Form des Aplanaten mit den neuen Gläsern, allerdings erst nach langen Streitigkeiten mit der Firma Goerz, ein Patent zu erhalten. Die nach diesem Patente ausgeführten Objektive sind unter dem Namen Orthostigmaten bekannt.

Bald nach der Veröffentlichung des Orthostigmaten machte die Firma Voigtländer geltend, daß ihr das Vorbenutzungsrecht zustehe, da sie schon zur Zeit der Anmeldung die zur Ausnutzung der Erfindung notwendigen Vorbereitungen getroffen hätte. Es wurde ihr daraufhin von der Firma Steinheil das Recht eingeräumt, Objektive nach diesem Typus auszuführen. Dieselben erhielten seitens der Firma Voigtländer den Namen Collineare. Ebenso beanspruchte Dr. Rudolph, bzw. die Firma Zeiss in Jena, die unabhängige Erfindung des Goerzschen Doppelanastigmaten.

Als nächste auffallende Neuerung brachte Dennis Taylor ein neues astigmatisch korrigiertes Objektiv, das Triplet. Dasselbe stellt eigentlich das Petzval-Objektiv unter Einführung der neuen Glasarten dar, hat aber, wenigstens in einer Ausführungsform, die Vereinfachung der Verwendung von nur drei Linsen erreicht. Sieht man von dem Nachteil der drei in Luft stehenden Linsen ab, dann muß man sagen, daß diese Konstruktion das Beste bei Auftreten der neuen Glasarten gebracht hat, denn in ihr ist mit den wenigsten Mitteln das meiste erreicht. Mit Einführung dieser Konstruktion war auf einmal der Bann gebrochen, welcher die Optiker stets von der Verwendung von mehr als zwei frei in Luft stehenden Systemen abgehalten hatte, und mit der Einführung mehrerer freistehender Systeme wurde es auch möglich, den Astigmatismus weitgehend zu korrigieren, zum Teil ohne Verwendung der neuen Glasart. Es kamen nacheinander die verschiedensten Konstruktionen mit drei und vier freistehenden Einzelsystemen. So das Tessar der Firma Karl Zeiss in Jena mit drei freistehenden Linsen, das Planar und Unar derselben Firma mit vier freistehenden Linsen, ebenso der Syntor von Goerz, der Aristostigmat von Meyer in Görlitz, der Unofocal von Steinheil mit vier Einzelsystemen.

Von all diesen Systemen gehen Unar und Tessar vom Petzval-Objektiv aus, alle anderen vom Aplanat, in welchem eine oder mehrere Linsen losgetrennt wurden. Doch ist der betretene Weg ein ganz verschiedener. Herr v. Hoegh hat beim Errechnen des Syntors die Mittellinse des Orthostigmates durch eine Luftlinse ersetzt, Meyer die Meniskenform der Einzellinsen gewählt. Der Steinheilsche Unofocal ist auf Grund einer allgemeinen mathematischen Behandlung des Problems zweier Linsen mit Abstand von Dr. Karl Strehl berechnet worden, die alle symmetrischen vierlinsigen Objektive als Lösungen in sich schließt. Dr. H. Harting brachte als Objektive aus drei Einzelsystemen das Heliar, das Dynar und das Oxyn, welche alle Abänderungen des Taylorschen Dreilinsenobjektives darstellen. Weiter wurden noch von den verschiedensten Firmen Objektive aus drei oder vier einzelstehenden Systemen gebracht, die meist nur andere Zusammenstellung schon bestehender Systeme darstellten. Was von all den im letzten Jahrzehnt entstandenen Objektivformen Bestand haben wird, muß die Zukunft lehren. Jedenfalls sind viele Systeme entstanden, welche von dem Grundsatz: „Möglichst viel, mit möglichst wenig Mitteln“ weit abgewichen sind. Sind doch Objektive von nur zwei Einzelsystemen konstruiert worden, deren Einzelsysteme aus vier, ja sogar aus fünf Linsen verkittet waren, wie auch Objektive aus drei einzelstehenden Systemen entstanden, bei welchen jedes aus zwei, manchmal auch noch eines aus drei Linsen verkittet war.

Über die Frage, ob mehr Lichtverlust entsteht bei häufigem Übergang von Luft in Glas und umgekehrt oder bei mehreren Kittflächen, entspannen sich verschiedene Kontroversen. Doch ist ein endgültiger Entscheid in dieser Frage von größter Schwierigkeit. Es ist wohl nicht möglich, wirklich vergleichbare Fälle einander gegenüberzustellen, wollte man auch zwei Objektive von derselben Brennweite und derselben relativen Öffnung nehmen, denn es ist klar, daß bei Verwendung einer dicken, stärker gefärbten Kittschicht eine Lichtabsorption eintreten kann, die viel größer ist als der Lichtverlust durch Reflexion zwischen zwei nicht verkitteten Flächen; wogegen bei dünner, möglichst farbloser Kittschicht von einem Lichtverlust durch Absorption überhaupt kaum die Rede sein kann.

DRITTES KAPITEL.

DIE LOCHKAMERA.

Wird eine Kamera ohne Linse, bloß mit einem kleinen Loch (sog. Lochkamera) zur Bilderzeugung benutzt, so erhält man immer ein allerdings bezüglich der Winkel getreues, aber ein verwischtes Bild, wenn das Loch nicht sehr klein ist.

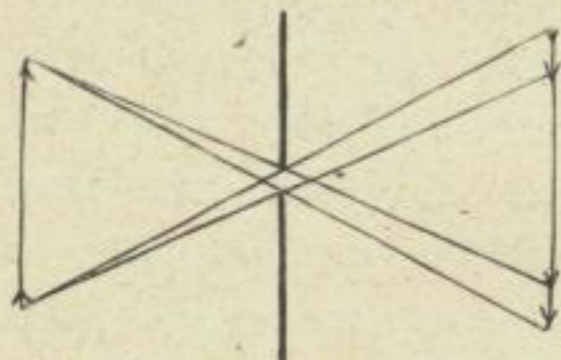


Fig. 17. Bild in der Lochkamera.

Fig. 17 zeigt, daß das Bild bei einigermaßen großem Loch in der Kamera mit mehrfachen Konturen erscheint.

In der Kamera ohne Linse sind die Bilder von irgend welchen Gegenständen (AA' , BB' , CC' Fig. 18), in welcher Entfernung von der durchlöcherten Wand sie auch sein mögen, deutlich auf dem Schirm, mag er in was immer für einem Abstand von der Scheidewand sein. Hier gibt es keine verschiedenen Brennpunkte für nahe oder ferne Gegenstände, wie bei Linsen.

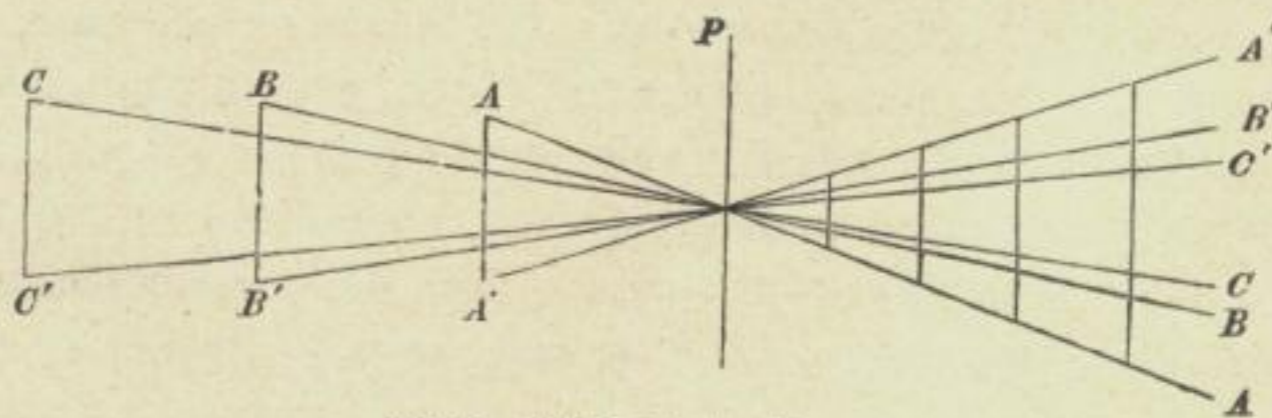


Fig. 18. Bild in der Lochkamera.

Vermöge der Beugung des Lichtes ist das Bild eines leuchtenden Punktes bei noch so sehr verminderter kreisrunder Öffnung doch niemals ein Punkt, sondern ein sog. Beugungsscheibchen, das aus einem lichten kreisrunden Flecke besteht, der mit dunklen und lichten konzentrischen Streifen abwechslungsweise umgeben ist. Bereits Prof. Petzval berechnete (mit Berücksichtigung der eventuellen photographischen

Verwendung) im Jahre 1857 (Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wissensch.) die günstigste Dimension der Öffnung einer Lochkamera und gab einen Durchmesser = $\frac{1}{5}$ Linie als unterste Grenze an; in diesem Falle wird das Bild eines leuchtenden Punktes als ein kreisrunder Fleck von $\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser erscheinen; nach Petzval ist die Bildschärfe einer Camera obscura mit einem Porträtobjektiv annähernd 180 mal der Lochkamera überlegen, an Lichtstärke aber bis 32000 mal!

Berry hatte 1855 eine Landschaft in einer Lochkamera ($\frac{1}{40}$ Zoll Öffnung) aufgenommen und in Amerika soll damals sogar eine Porträtaufnahme (?) auf diese Weise gemacht worden sein (Horns Phot. Journ. 1856. Bd. 5, S. 2).

Auch Emerson versuchte die Herstellung von Bildern mit der Lochkamera und nassen Collodionplatten und erhielt bei 3—7 Minuten Expositionszeit Bilder, welche unscharf waren.¹⁾ Auch Rayleigh und Abney²⁾, sowie Spiller³⁾ und Vidal⁴⁾ befaßten sich mit Versuchen in dieser Richtung.

R. Colson widmete eine eigene Broschüre der Photographie ohne Objektiv: „La Photographie sans objectif“ (Paris, 1887), worin er der einfachen Lochkamera den großen Bildwinkel, die korrekte geometrische Zeichnung, welche frei von jeder Verzerrung ist, nachrühmt; in der Tat sind diese Eigenschaften bei solchen Aufnahmen vorhanden, jedoch genügen die damit gemachten Aufnahmen nur mäßigen Anforderungen an die Schärfe; die Details und Durcharbeitung von Licht und Schatten ist ziemlich gut. Colson fand experimentell, daß für jeden Abstand der photographischen Platte vom Loch (Länge des Kamera-Auszuges) ein gewisser Minimaldurchmesser des Loches⁵⁾ die größte Schärfe gibt. Er fand, daß mit Rücksicht auf das Maximum der Schärfe zwischen der Entfernung D des Gegenstandes, dem Durchmesser d der Öffnung der Lochkamera und der Entfernung f der empfindlichen Platte von der Öffnung die Beziehung bestehen soll:

$$f = \frac{Dd^2}{0,00081 \cdot D - d^2}$$

(Phot. Corresp. 1888. S. 344; aus Bull. Soc. franç. de Phot. 1888. S. 69).

1) Sillim. Journ. Bd. 32, S. 227. Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1862. S. 26. Emerson empfahl aber die Lochkamera zum Probieren der Empfindlichkeit von Collodion, also als Sensitometer.

2) Rayleigh und Abney, Phot. News. 1881. S. 200. Phot. Wochenbl. 1881. S. 161. Phot. News. 1889. S. 611.

3) Phot. News. 1881. S. 247. Phot. Wochenbl. 1881. S. 194.

4) Phot. News. 1889. S. 751.

5) Das Loch soll mit scharfen Rändern in eine geschwärzte Metallplatte gebohrt sein.

Dr. Miethe berechnete eine Tabelle zur Bestimmung der günstigsten Öffnungen in der Lochkamera für verschiedene Kamera-Längen¹⁾.

φ ist der Öffnungsdurchmesser des Diaphragmas einer Lochkamera; die Köpfe der Kolonnen enthalten die Entfernung des Diaphragmas vom Schirme, d. i. die Auszugslänge der Kamera, in Millimetern; die darunter befindlichen Kolonnen enthalten die Durchmesser des durch die Lochkamera erzeugten Bildes eines Punktes und geben somit die Unschärfe des Bildes für verschiedene Auszugslängen der Kamera und verschieden große Diaphragmen an.

φ	10	20	30	50	100	200	300	400
0,6	0,311	0,322	0,334	0,356	0,412	0,524	0,636	0,748
0,5	0,263	0,277	0,290	0,317	0,385	0,519	0,652	0,786
0,4	0,217	0,234	0,251	0,285	0,369	0,537	0,707	0,876
0,3	0,172	0,195	0,218	0,262	0,375	0,599	0,825	1,050
0,2	0,140	0,177	0,201	0,267	0,437	0,774	1,111	1,448
0,1	0,122	0,140	0,252	0,387	0,724	1,398	2,072	2,746
0,09	0,120	0,195	0,270	0,420	0,795	1,545	2,295	3,045
0,07	0,131	0,227	0,323	0,515	0,995	1,955	2,915	3,875
0,05	0,138	0,252	0,365	0,592	1,160	2,295	3,430	4,565
0,04	0,138	0,254	0,370	0,604	1,188	2,356	3,524	4,692
0,03	0,138	0,270	0,383	0,627	1,240	2,466	3,680	4,915
0,02	0,144	0,277	0,411	0,678	1,347	2,684	4,021	5,358
0,01	0,172	0,340	0,508	0,842	1,680	3,355	5,030	6,706

Man bemerkt, daß die bei einer gewissen Auszugslänge entstehende Unschärfe mit der Weite der Öffnung so variiert, daß sie für eine bestimmte Öffnungsweite ein Minimum wird. Die Tabelle zeigt also — und das ist sehr wichtig — wie bei gegebener Auszugslänge die vorteilhafteste Öffnung bzw. vice versa zu wählen ist. So sehen wir, daß z. B. einer Auszugslänge von 50 mm ein bester Öffnungsdurchmesser von 0,2—0,3 mm entspricht; würde man die Öffnung auf $\frac{1}{10}$ verkleinern, so erhielte man eine fast dreimal so große Unschärfe. Da sich ferner ein Gegenstand nur dann abbilden kann, wenn seine Größe auf dem Schirm mindestens gleich der doppelten Unschärfe ist, so kann man leicht finden, daß für eine Auszugslänge von 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 400 mm der kleinste noch sichtbare Gegenstand eine Winkelgröße von beziehungsweise 41', 3, 24', 21', 5, 17', 75, 13', 7', 30, 7', 1, 6', 5 haben muß; ein ausgewachsener Mensch wird demnach für eine Auszugslänge von 10 mm auf 220 mm, für eine solche von 400 mm auf 1250 m Distanz noch sich abbilden, vorausgesetzt, daß man die günstigste Öffnung wählt.

Um praktische Versuche zu erleichtern, kann noch folgende Tabelle der Expositionszeiten dienen und wurde dabei die Zeit, welche man gebraucht, um bei 100 mm Auszug und 0,1 mm Öffnung ein ausexponiertes Bild zu erhalten, gleich 1 gesetzt:

1) Phot. Mitteil. 1888. Bd. 24, S. 276. Eders Jahrb. f. Photogr. für 1889. Seite 334.

φ	10	20	30	50	100	200	300	400
0,6	0,0003	0,0012	0,0027	0,007	0,0277	0,12	0,27	0,48
0,5	0,0004	0,0016	0,0036	0,01	0,04	0,16	0,36	0,64
0,4	0,0006	0,0024	0,0054	0,016	0,063	0,24	0,54	0,96
0,3	0,001	0,0044	0,01	0,028	0,111	0,44	0,99	1,76
0,2	0,002	0,01	0,022	0,063	0,25	1,0	2,25	4,0
0,1	0,01	0,04	0,1	0,25	1,0	4,0	9,0	16,0
0,09	0,012	0,049	0,107	0,31	1,235	4,92	10,7	20,0
0,07	0,02	0,08	0,18	0,5	2,0	8,0	18,0	32,0
0,05	0,04	0,16	0,36	1,0	4,0	16,0	36,0	64,0
0,04	0,063	0,25	0,56	1,56	6,25	25,0	56,25	100,0
0,03	0,111	0,44	1,0	2,78	11,11	44,4	100,0	177,76
0,02	0,25	1,0	2,25	6,25	25,0	100,0	225,0	400,0
0,01	1,0	4,0	9,0	25,0	100,0	400,0	900,0	1600,0

Hätte man z. B. durch Versuche gefunden, daß man für eine Auszugslänge von 200 mm und eine Öffnung von 0,5 mm eine Zeit von 30 Sekunden braucht, so erhielte man als Expositionszeit für eine Auszugslänge von 300 mm und 0,4 mm Öffnung:

$$\frac{0,54}{0,16} \cdot 30 = 101 \text{ Sekunden.}$$

Herr A. Wagner in Wien stellte (1889) sehr hübsche Aufnahmen mit einer Lochkamera her, welche einen Lochdurchmesser von 0,3 mm und einen Plattenabstand von ca. 10 cm hatte; die Expositionszeit war ungefähr 1 Minute bei einer hell erleuchteten Landschaft¹⁾ (Eders Jahrb. f. Photogr. für 1889. S. 334).

Im Jahre 1889 wurden kleine lichtdichte Kartonschachteln in Paris in den Handel gebracht, an deren Rückseite sich eine photographische Platte befand, während an der Vorderseite vor der Belichtung mittels einer Nadel ein kleines Loch gemacht wurde, durch welches die Belichtung erfolgte. Zur selben Zeit brachte die Pariser Firma Dehors & Deslandres eine aus Holz und Metall gefertigte Lochkamera unter dem Namen „Sténopé“ in den Handel. Die Bildschärfe der Aufnahme hängt von der Größe des Loches ab. Für jede Kamera-Auszugsweite gibt es eine günstigste Lochöffnung, die um so größer sein kann, je länger der Auszug der Kamera ist. Bei kleinen Lochöffnungen ist es wegen Lichtmangels schwer, das Bild auf der Visierscheibe gut beurteilen zu können. Um diesem Übelstand abhelfen zu können, erfanden Dehors & Deslandres (1893) ein einfaches praktisches Instrument zur Herstellung von Loch- und Monokel-Aufnahmen. Es enthält auf einer rotierenden Scheibe vier Löcher mit verschiedenen

1) Diese Aufnahmen befinden sich in den Sammlungen der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproduktionsverfahren in Wien.

Öffnungen und vier kleinen Monokels, mit welchen sich auch gute Aufnahmen machen lassen (siehe unten). Die Monokel haben dieselbe Brennweite, welche als die beiläufig günstigste Auszugslänge der Kamera für die an der rotierenden Scheibe zunächst liegenden Lochdimensionen zu gelten haben.

Lord Raleigh erörterte in *Phil. Mag.* (5) Bd. 31, Seite 87 (1891) die Bedingungen, unter denen man mit feinerem Loch scharfe Bilder erhalten kann. Die Durchführung der Berechnung läßt zu dem Schluß kommen, daß die vorteilhafteste Größe der Öffnung für einen unendlich entfernten Gegenstand (Landschaftsaufnahme) durch die Beziehung gegeben ist:

$$r^2 = \lambda \cdot f \text{ bis } r^2 = \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot f. ^1)$$

Dabei bedeutet:

- r Radius des Loches,
- f Abstand der Platte von der Öffnung,
- λ Wellenlänge des Lichtes.

Neuerlich findet die Lochkamera wieder größere Beachtung von seiten der photographischen Fachkreise, indem sich die allgemeine milde Unschärfe eines Lochkamerabildes sehr gut zur Erzielung von gewissen künstlerischen Effekten verwenden läßt.

Die Firma Watkins Meter Co. in Hereford (*Photography* 1905 S. 491) bringt ein Lochkameraobjektiv in den Handel, welches sich leicht an jedem gewöhnlichen Objektiv, nachdem man dessen Linsen entfernt hat, mit Hilfe zweier Federn anbringen läßt. Es besteht aus einem feinen, in einer Metallplatte angebrachten Loch, das durch eine Drehscheibe verdeckt werden kann. Die Größe des Loches ist durch eine Numerierung gekennzeichnet, die von Alfred Watkins und Dr. Arcy-Power berechnet wurde. Dieselbe gestattet auf einfache Weise die erforderliche Expositionszeit zu berechnen. Es wird zu diesem Behufe die Nummer des Loches mit dem Abstand der lichtempfindlichen Platte vom Loche multipliziert und mit diesem Produkt mit Hilfe des Watkinsschen Expositionsmessers die entsprechende Expositionszeit ermittelt, wobei aber die abgelesenen Sekunden als Minuten in Betracht kommen. Hätten wir z. B. eine Aufnahme mit Öffnung Nr. 7 zu machen und die Entfernung der Platte vom Loch sei vier Zoll, so ist die „Fokusnummer“ = 28. Die Ablesung an Watkins Expositionsmesser mit Hilfe dieser Nummer ergibt eine Sekunde; also ist die endgültige Belichtungszeit eine Minute.

1) Dies gibt kleinere Werte als die Seite 29 aufgeführte Colsonsche Formel, welche für $D = \infty$ übergeht in $f = \frac{d^2}{0,00081}$, also $d^2 = 0,00081 \cdot f$ liefert.

Um den Auszug der Lochkamera zu verkürzen (z. B. für telephot. Zwecke), empfiehlt Dr. Arcy-Power (E. J. 1905 S. 220) hinter dem Loch der Lochkamera eine Zerstreuungslinse so anzubringen, daß der Abstand dieser Linse vom Loche geändert werden kann. Die Bildgröße ist dann natürlich abhängig von der Brennweite der Zerstreuungslinse und deren Abstand vom Loch. Nachstehende Tabelle enthält Vergleichsergebnisse über die Bildgröße bei Anwendung einer Lochkamera ohne und mit Zerstreuungslinsen von verschiedener Brennweite bei gleichbleibendem Kameraauszug:

Brennweite der Zerstreuungslinse	Bildgröße ohne Anwendung einer Zerstreuungslinse	Bildgröße bei Anwendung einer Zerstreuungslinse	
		Linse 12 mm hinter d. Loch	Linse 50 mm hinter d. Loch
10 Dioptrien	100 mm	125 mm	190 mm
16 "	100 "	132 "	205 "
20 "	100 "	150 "	255 "

A. Delamarre (La Phot. 1905 S. 85) gibt für die auf diesem Wege erzielte Vergrößerung folgende Formel:

$$G = \frac{f}{F - D + f}$$

dabei ist f = Brennweite der Zerstreuungslinse, -
 D = Entfernung der Linse vom Loch, -
 F = Entfernung des Bildes vom Loch, wenn keine Linse eingeschaltet wäre,
 G = Vergrößerung.

Dabei ist noch zu bemerken, daß man mit der Lochkamera Bildwinkel bis zu 160° ohne Schwierigkeiten erreichen kann.

VIERTES KAPITEL.

DIE EINFACHE LINSE ALS PHOTOGRAPHISCHES OBJEKTIV.

I. Über nicht-achromatische einfache Linsen.

Gewöhnliche einfache unkorrigierte Sammellinsen, wie z. B. konvexe Brillengläser, geben in der Kamera unter Umständen ein brauchbares Bild. Dasselbe ist jedoch mit mehreren starken Mängeln behaftet. Die sphärische Aberration dieser Linsen trägt dazu bei, die Schärfe der Bilder abzuschwächen, weil die von demselben Punkt ausgehenden Strahlen nach ihrem Durchgang durch die Linse nicht in einem einzelnen Punkte konvergieren, wie dies bei einer richtig korrigierten Linsenkombination der Fall ist. Doch trägt die Verwendung einer die Randstrahlen abfangenden Blende dazu bei, den Bildern die Schärfe zu verleihen, welche man in gewissen Fällen verlangen muß. Es wird deshalb selbst bei Anwendung einer einfachen Linse möglich sein, diese Art der Abweichung teilweise zu korrigieren und auf diese Weise eine ausreichende Schärfe von mehr oder minder großer Vollkommenheit zu erzielen. Die Blende kann also zu einem großen Teil den Übelstand beseitigen, welcher durch sphärische Aberration bei der Benutzung einer einfachen Linse erwächst. Dagegen ist sie ohne durchgreifende Wirkung soweit die chromatische Aberration in Frage kommt. Diese läßt sich bei Anwendung einer solchen Linse nur dadurch korrigieren, daß man den Rahmen, welcher die Mattscheibe trägt und in welchen man die Kasette mit der lichtempfindliche Platte einfügt, verschiebt. Bekanntlich werden die verschiedenfarbigen Strahlen ungleich abgelenkt und es bilden daher die blauen Strahlen, die stärker brechbar sind als die gelben, ihren Fokus in größerer Nähe der Linse als die letzterwähnten Strahlen. Die Einstellung, welche vom Auge nach den hellsten Strahlen bemessen wird, kann daher nicht mehr genau sein für den chemischen Bildeindruck, welcher besonders durch die stärker brechbaren Strahlen hervorgerufen wird, von denen viele vom Auge gar nicht wahrgenommen werden. Der chemische Fokus liegt deshalb der Linse näher als der optische, auf welchen die Ein-

stellung ausgeführt wird. Daraus folgt, daß nach der Einstellung der Rahmen, welcher die Kassette mit der lichtempfindlichen Platte trägt, dem Objektiv etwas genähert werden muß. Und zwar kann dieser Wert für alle Entfernungen des Gegenstandes von dem Unendlichen bis auf eine Entfernung gelten, welche ca. 100 Brennweiten der Linse beträgt. Von da ab ist er etwas reichlicher zu nehmen, doch beträgt der Zuwachs der Korrektion auch bei Entfernungen bis zu 10 Brennweiten nicht über den vierten Teil. Bei noch größerer Annäherung, also bei Reproduktionen oder Vergrößerungen, steigt die Größe der Korrektion, doch läßt sie sich stets in Bruchteilen der Brennweite ausdrücken. Für die weitaus meisten Fälle genügt also der einfache Grundsatz, um $\frac{1}{50}$ der Brennweite einzuschieben. Man kann sich dazu Marken auf dem Laufbrett anbringen und namentlich die Einstellung für unendliche Entfernung fest bezeichnen, die bei kürzerer Brennweite auch bis auf 15—20 m richtig bleibt. Buschbeck berechnete die Tabelle für Monokel (Seite 36 und 37) von verschiedener Brennweite, wobei die den jeweiligen Kameraauszügen entsprechende Fokusdifferenzen angeführt sind.

Will man die Fokusdifferenz genau korrigieren, so kann man sich der Rudolf Steinheilschen Tabelle bedienen.

I	II	I	II	I	II
a	Δ	a	Δ	a	Δ
100	1,020	9	1,26	2,7	2,45
90	1,022	8	1,30	2,6	2,56
80	1,025	7	1,35	2,5	2,69
70	1,029	6	1,43	2,4	2,84
60	1,034	5	1,54	2,3	3,01
50	1,040	4	1,75	2,2	3,23
40	1,051	3,5	1,92	2,1	3,49
30	1,069	3,0	2,20	2,0	3,81
20	1,102	2,9	2,23	—	—
10	1,230	2,8	2,35	—	—

In I sind die Objektabstände a (Abstände des zu photographierenden Gegenstandes vom Objektiv) in Einheiten der Brennweite angeführt; in II sind die Zahlen Δ , mit welchen die Fokusdifferenz δ multipliziert werden muß, um für den entsprechenden Objektivabstand richtig einzustellen und ein photographisch scharfes Bild zu erhalten.

Gebrauch der Tabelle:

Die Fokusdifferenz bei Einstellung auf „Unendlich“ wird als bekannt vorausgesetzt.

Fokussdifferenz-Tabelle für nicht-

f+*d*=Kamera-

		10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	
<i>f</i> =Brennweite in Zentimetern	10	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	—	—	—	—	<i>x</i> =Fokussdifferenz				
	15	—	—	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	—	—	—	—	
	20	—	—	—	—	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	
	25	—	—	—	—	—	—	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	
	30	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	
	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,7	0,8	0,9	
		10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	

f+*d*=Kamera-

		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
<i>f</i> =Brennweite in Zentimetern	40	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,8	3,2	—	<i>x</i> =Fokus-			
	45	—	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	—	—	
	50	—	—	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4,0	
	55	—	—	—	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	
	60	—	—	—	—	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	
	65	—	—	—	—	—	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	
	70	—	—	—	—	—	—	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	
	75	—	—	—	—	—	—	—	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,7	
	80	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	
	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,7	1,9	2,1	2,4	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	

f+*d*=Kamera-

		90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	
<i>f</i> =Brennweite in Zentimetern	90	1,8	2,2	2,7	3,2	3,7	4,3	5,0	5,7	6,4	7,2	—	—	<i>x</i> =Fokussdifferenz				
	100	—	2,0	2,4	2,9	3,4	3,9	4,5	5,1	5,8	6,5	7,2	8,0	—	—	—	—	
	110	—	—	2,2	2,6	3,1	3,6	4,1	4,7	5,3	5,9	6,6	7,3	8,0	8,8	—	—	
	120	—	—	—	2,4	2,8	3,3	3,7	4,3	4,8	5,4	6,0	6,7	7,4	8,1	8,8	9,6	
	130	—	—	—	—	2,6	3,0	3,5	3,9	4,4	5,0	5,6	6,2	6,8	7,4	8,1	8,9	
	140	—	—	—	—	—	2,8	3,2	3,7	4,1	4,6	5,2	5,7	6,3	6,9	7,5	8,2	
	150	—	—	—	—	—	—	3,0	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,9	6,5	7,1	7,7	
	160	—	—	—	—	—	—	—	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,2	
	170	—	—	—	—	—	—	—	—	3,4	3,8	4,2	4,7	5,2	5,7	6,2	6,8	
	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,6	4,0	4,4	4,9	5,4	5,9	6,4	
	190	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6	6,1	
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8		
		90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	

Formel für Berechnung von

achromatische Linsen (Monokel).

Auszug in Zentimetern

	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60	62,5	65	67,5	70		
in Zentim.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
1,4	1,6	1,8	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	—	—	—	—	—	—	30
1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	—	—	35
42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60	62,5	65	67,5	70	—	—	

Auszug in Zentimetern

	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
differenz in Zentim.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50
4,0	4,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	55
3,7	4,0	4,4	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60
3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,2	—	—	—	—	—	—	—	—	65
3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	—	—	—	—	—	—	70
2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,2	5,6	6,0	—	—	—	—	75
2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,3	5,6	6,0	6,4	—	—	80
2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3	5,7	6,0	6,4	6,8	85
105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	

Auszug in Zentimetern

	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
in Zentimetern	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	110
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	120
9,6	10,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	130
8,9	9,6	10,4	11,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	140
8,3	9,0	9,7	10,4	11,2	12,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150
7,8	8,4	9,1	9,8	10,5	11,2	12,0	12,8	—	—	—	—	—	—	—	—	160
7,4	8,0	8,6	9,2	9,9	10,6	11,3	12,0	12,8	13,6	—	—	—	—	—	—	170
6,9	7,5	8,1	8,7	9,3	10,2	10,7	11,4	12,1	12,8	13,6	14,4	—	—	—	—	180
6,6	8,1	7,7	8,3	8,9	9,5	10,2	10,8	11,5	12,2	12,9	13,6	14,4	15,2	—	—	190
6,3	6,8	7,3	7,8	8,4	9,0	9,6	10,2	10,9	11,6	12,3	13,0	13,7	14,4	15,2	16,0	200
250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	

Zwischenwerten: $x = \frac{(f+d)^2}{50f}$.

Bezeichnen wir die Brennweite für Gelb (Fraunhofersche Linie D) mit p_D und jene für Blau (Linie G) mit p_G , so ist $p_D - p_G = \delta$; dann ist, falls die betreffende Linse ein nicht achromatisches „Monokel“ ist, also die Farbenfehler nicht kompensiert sind, die Brennweite für die Linie G : $p_G = p_D - \delta$. Für den Zusammenhang zwischen Objektabstand, Bildabstand und Brennweite sind Tabellen vorhanden, wenn das Objektiv keine Fokusdifferenz hat. Aus einer dieser Tabellen entnimmt man den dem vorgeschriebenen Objektivabstand entsprechenden Bildabstand (oder man mißt diesen unmittelbar am Kameraauszug vom Objektiv bis zur Visierscheibe) und erhält so die Auszugslänge für die optische Einstellung α_D , d. h. die Bildweite α für die gelben Strahlen bei der Fraunhofer-Linie D . Um nun zu finden, um wieviel die Kamerarückwand hineingeschoben werden muß, damit derselbe Gegenstand bei gleichem Abstand chemisch eingestellt ist, drückt man den Objektabstand der Linse in Einheiten der Brennweite derselben aus, sucht die so gefundene Zahl in der Rubrik I obiger Tabelle und findet in der 2. Rubrik (II) eine Zahl, mit welcher die bekannte Fokusdifferenz $\delta = p_D - p_G$ multipliziert werden muß, um den Wert zu finden, um welchen gegen die optische Einstellung hineingeschoben werden muß.

Beispiel: Eine Linse von 40 cm Brennweite für D hat die Fokusdifferenz $\delta = 0,4$ cm, d. h. für dieselbe ist $p_D = 40$ cm und $p_G = p_D - \delta = 40 - 0,4 = 39,6$ cm.

Es soll nun ein Gegenstand in natürlicher Größe photographiert werden. Aus der erwähnten Tabelle über Objekt- und Bildabstand sieht man sofort, daß die Aufstellung so gewählt werden muß, daß $a_D = \alpha_D = 2 p_D$ wird, wenn a , α und p Objektabstand, Bildabstand und die Brennweite für die gelben Strahlen (bei D) bedeuten. Man sucht also in der Steinheilschen Tabelle die Zahl 2, weil der Objektabstand zweimal so groß als die Brennweite ist und findet ihr entsprechend die Zahl 3,81 und weiß nun, daß man $0,4 \times 3,81 = 1,52$ cm die Kamerarückwand hineinschieben muß, um ein scharfes Bild zu erhalten.

Dehors und Deslandres (Paris) stellen „Monokel“ her, welche Sammellinsen sind von 4 cm Durchmesser und einem Fokus von 30, 40, 45, 50, 55 und 60 cm. Sie geben nachstehende Korrektionsstabelle zur Berichtigung des chemischen Fokus.

In der ersten Rubrik befinden sich die Zahlen, welche die Brennweite der Linsen in Millimeter für „optische“ Strahlen angeben neben der Korrektion für „chemische“ Strahlen, und zwar gelten diese Zahlen auch bei Verkleinerungen unter $1/10$ der Originalgröße. Die nächsten Rubriken enthalten die Korrektionszahlen für verschiedene Verkleinerungen von $1/10$ bis zur Aufnahme in gleicher Größe ($10/10$). Will man

z. B. ein Porträt in halber Größe mit der Linse von 90 cm Brennweite aufnehmen, so sucht man die Überschrift $\frac{5}{10}$ (d. i. halbe Größe) und findet in der entsprechenden Rubrik die Korrektionszahl 27 mm, um welchen Betrag man die Kamerarückwand dem Objektiv nähern muß, um für den chemischen Fokus einzustellen.

		$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{10}{10}$
Bildweite	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600
Korrektion	6	7	8,5	10	11,5	13,5	15,5	17	19,5	21,5	24
Bildweite	400	440	480	520	560	600	640	680	720	760	800
Korrektion	8	10	11,5	13,5	15,5	18	20,5	23	26	29	32
Bildweite	450	495	540	585	630	675	720	765	810	855	900
Korrektion	9	11	13	15	17,5	20	23	26	29	33	36
Bildweite	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Korrektion	10	12	14,5	17	20	22,5	25,5	29	32,5	36	40
Bildweite	550	605	660	715	770	825	880	935	990	1045	1100
Korrektion	11	13,5	16	18,5	21,5	25	28	32	36	40	44
Bildweite	600	660	710	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200
Korrektion	12	14,5	17	20	23,5	27	31	34,5	39	43,5	48

Die Frage nun, ob man überhaupt mit solchen Mitteln photographieren kann, ist in einiger Beschränkung wohl zu bejahen.

Will man große Bilder herstellen, so muß man enge Blenden (unter $\frac{f}{20}$ bis beiläufig $\frac{f}{90}$) verwenden.¹⁾ Von Brillengläsern sind unzweifelhaft die konkav-konvexen, die sogenannten periskopischen, am besten. Man benutzt sie einzeln mit Vorderblende wie Landschaftslinsen, oder stellt sie paarweise nach Art der Periskope zusammen.

II. Achromatische einfache Linsen als photographische Objektive.

Wie bereits oben (S. 16) erwähnt wurde, waren die ältesten photographischen Objektive zu Beginn der Daguerreotypie „einfache Linsen“ und zwar sog. „Menisken“, seltener plankonvexe Linsen, welche durch Zusammenkitten von Flint- und Crown glas achromatisiert waren.

Die Linsenform, sowie die Wahl der Glassorten ist von großem Einfluß auf die Leistungsfähigkeit eines derartigen Objektives. Da diese Fragen in dem „Handbuch der angewandten Optik“ von Dr. A. Steinheil und Dr. E. Voit (Leipzig, bei Teubner, 1891) in

1) Versuche hierüber stellten Abney (Phot. News. 1881. S. 200 u. 267. Phot. Wochenbl. 1881. S. 161 u. 208), sowie Spiller (Phot. Wochenbl. 1881. S. 162) an.

unübertrefflicher Weise geschildert sind und daselbst die Berechnung optischer Systeme (einfache und achromatische Linsen) umfassend gelehrt wird, so beschränke ich mich auf die Schilderung der für die Photographie erprobten und in der Praxis verbreiteten Objektive.

Es sei an einem Beispiele mit einer plankonvexen Linse hervorgehoben, daß es zwar gleichgültig ist, welche Seite man dem Gegenstande zuwendet, daß aber die Stellung der Blende vor oder hinter der Linse nicht gleichgültig ist.

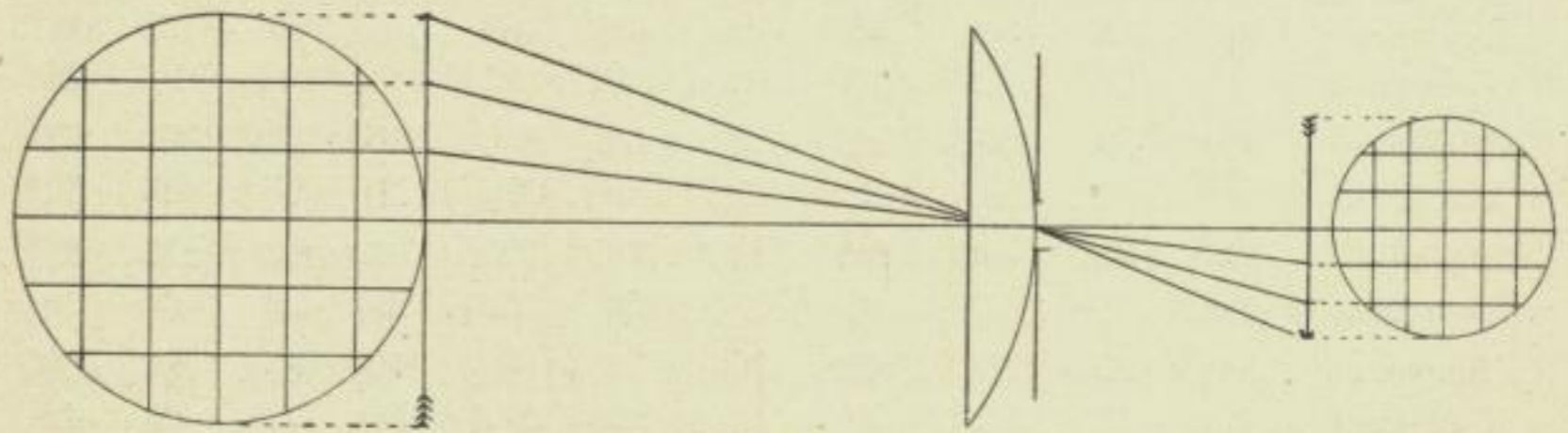


Fig. 19.

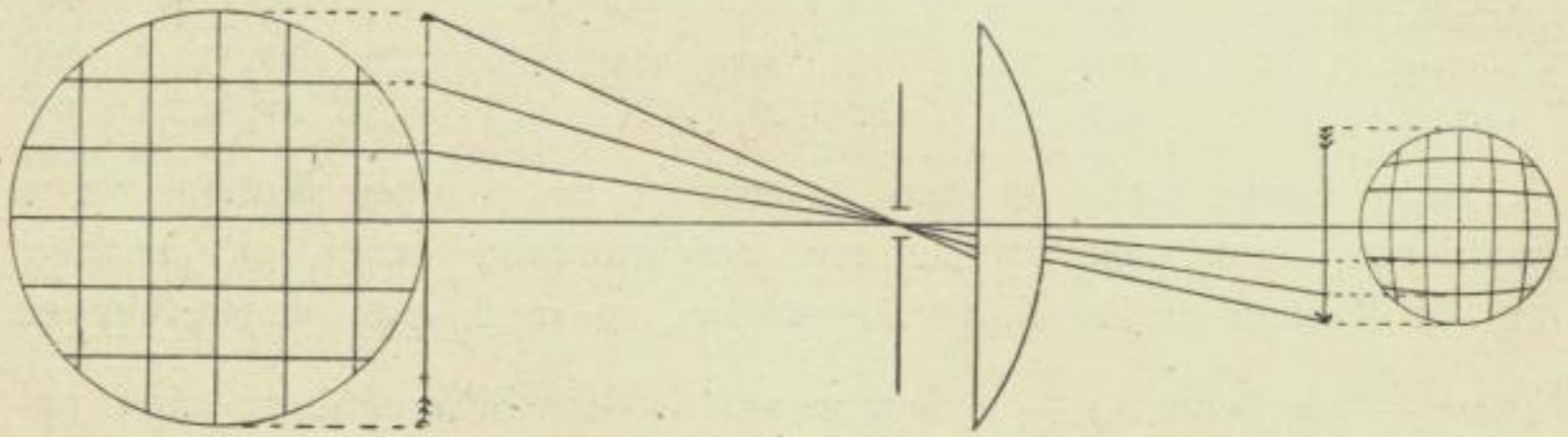


Fig. 20.

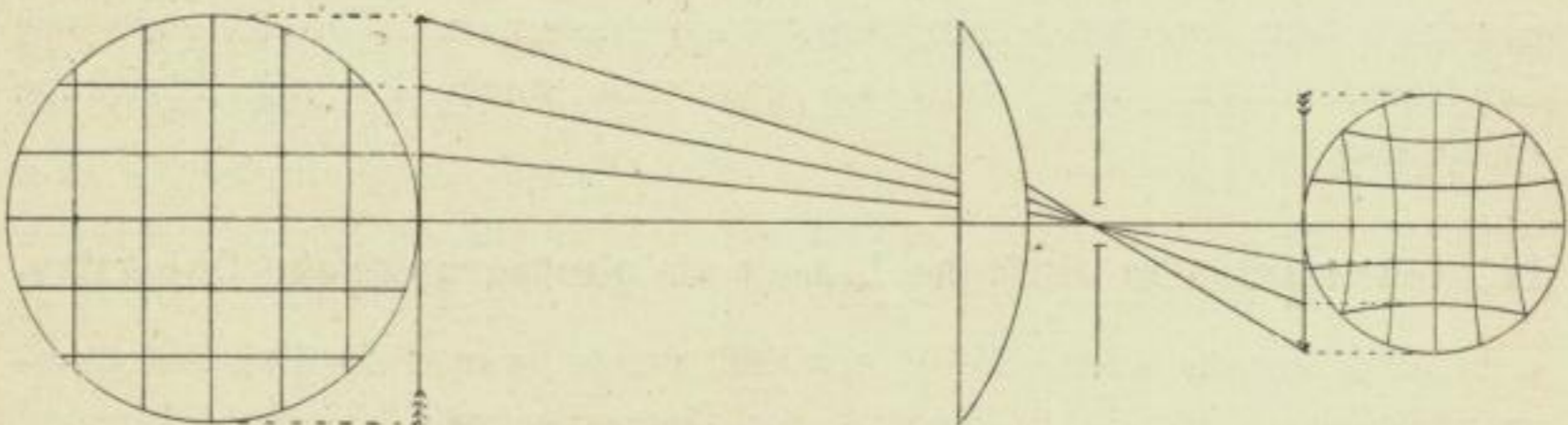


Fig. 21.

Fällt ein stark zur Achse geneigter Strahl auf ein planparalleles Glas, dessen Flächen senkrecht zur optischen Achse stehen, so geht er nach dem Durchgang durch dasselbe parallel zu seiner ursprünglichen Richtung weiter, weil an der ersten Fläche die Ablenkung gerade so viel zur Achse beträgt als an der zweiten Fläche von der Achse.

Hat man statt eines planparallelen Glases eine Plankonvexlinse, so kann der Strahl nur in der gleichen Richtung nach dem Durchgange durch dieselbe weiter gehen, wenn die Tangentialflächen am Eintritts- und Austrittspunkt einander parallel sind, d. h. wenn er den Scheitel der konvexen Fläche trifft. Ist dieses nicht der

Fall, so wirkt die Linse wie ein Prisma. Da ein Prisma die Strahlen nach seinem dickeren Ende ablenkt und da bei einer plankonvexen Linse die Tangentialflächen am Eintritts- und am Austrittspunkt immer ein Prisma bilden, dessen dickeres Ende gegen die Achse gekehrt ist, so wird jeder Strahl nach dem Durchgang durch die Linse mehr nach der Achse hin abgelenkt. Zielt der Strahl beim Austritt aus der Linse nach der Achse hin, so bildet der gebrochene Strahl einen größeren Winkel mit der Achse als der einfallende, es zeigt sich kissenförmige Verzeichnung. Hat dagegen der Strahl vor dem Eintritt in die Linse die Achse schon geschnitten, so bildet der austretende Strahl einen kleineren Winkel mit der Achse als der einfallende, es findet daher tonnenförmige Verzeichnung statt.

Wenn man also die auf eine einfache Linse auffallenden Strahlen zwingt, durch eine enge Blende zu gehen, so findet keine Verzeichnung statt, wenn die Blende im Scheitel der Konvexfläche steht (Fig. 19), tonnenförmige Verzeichnung, wenn die Blende vor der Linse steht (Fig. 20), kissenförmige Verzeichnung aber, wenn sie sich hinter der Linse befindet (Fig. 21).

Zur Zeit der Daguerreotypie verlangte man von einem photographischen einfachen Objektiv (nach dem Vorschlage des französischen Optikers Baron), daß die größte Dimension der Platte zur Brennweite des Objektivs sich verhalte wie 1:2. Der Durchmesser des Diaphragmas müsse ungefähr $\frac{1}{7}$ der Brennweite sein.

Heutzutage verlangt man von einer einfachen Linse ein scharfes Bild von größeren Dimensionen, blendet sie aber im Verhältnis zur Brennweite viel stärker ab. Der Grund liegt darin, daß man gegenwärtig bei den einfachen Linsen von vornherein auf Lichtkraft verzichtet (worin sie durch die Doppelobjektive weit übertroffen sind) und sie fast nur zu Landschaften verwendet.

Sie ist jedoch nicht ganz frei von Verzeichnung am Rande, weshalb man bei der photographischen Aufnahme geradlinig begrenzte Gegenstände vom Rande weg in die Mitte bringen soll. Da die ältere einfache Chevaliersche Landschaftslinse (s. Seite 16 und 42) einen verhältnismäßig sehr niedrigen Preis besitzt und bei Landschaftsaufnahmen recht gute Leistungen gibt, so wird sie von Anfängern gern verwendet.

Gute einfache Landschaftslinsen werden jedoch auch mit Vorliebe von hervorragenden Fachphotographen zu Landschaftsaufnahmen benutzt, weil sie wegen der geringeren Anzahl der reflektierenden Flächen brillantere Bilder als Doppelobjektive geben und große Tiefe haben. Ein Fehler der einfachen Linse ist, daß gerade Linien am Rande leicht gekrümmt wiedergegeben werden. Deshalb suche man, wenn Häuser in der Landschaft vorkommen, diese möglichst in die Mitte des Bildes zu bringen. Ferner haben die gewöhnlichen Linsen für viele Zwecke eine zu geringe Helligkeit und einen zu geringen Gesichtsfeldwinkel, welcher Fehler allerdings durch die dreifach verkittete Weitwinkel-landschaftslinse bis zu einem gewissen Grade behoben ist. Jedoch muß

hier darauf aufmerksam gemacht werden, daß gegenwärtig viel mit Weitwinkeldoppelobjektiven gearbeitet wird, wo es nicht notwendig ist; bei kleinem Gesichtsfeldwinkel reicht man mit der einfachen Linse aus. Gewisse aplanatische Objektive sind ihr aber an Lichtkraft bedeutend überlegen.

Zur Aufnahme von Gebäuden, Architekturen ist die gewöhnliche einfache Landschaftslinse nicht gut verwendbar, weil am Rande des Bildfeldes die Linien etwas gekrümmt erscheinen.

Um der Unbequemlichkeit zu begegnen, zu verschieden großen Linsen ebenso viele Objektivringe und Brettchen mitnehmen zu müssen, gab man einer Reihe von einfachen Linsen denselben Durchmesser, so daß sie alle in einen Ring resp. in ein Rohr passen.

Die gegenwärtig im Gebrauche stehenden „einfachen Landschaftslinsen“ sind zumeist Menisken oder auch plankonvexe Linsen, welche in der Regel aus zwei Linsen, seltener aus drei Linsen verkittet sind.

A. Chevaliers einfache Landschaftslinse,

welche meistens als „einfache Landschaftslinse“ kurzweg bezeichnet wird und bereits oben (S. 16) erwähnt wurde, ist in Fig. 22 abgebildet. Sie ist ein Meniskus und besteht aus einer bikonvexen Crownglaslinse, welche mit einer bikonkaven Flintglaslinse verkittet ist; die konkave Seite wird dem Gegenstande, die konvexe Seite der photographischen Platte zugewendet; die Abblendung erfolgt durch eine in passender Entfernung vorge setzte Blende, welche zur Erzielung scharfer Bilder ziemlich klein sein muß.



Fig. 22.
Chevaliers einfache Linse.

Diese Linsen haben meistens einen Gesichtsfeldwinkel von 50 bis 60 Grad, mitunter sogar etwas mehr; die größte wirksame Öffnung ist gewöhnlich ungefähr $f/15$ (d. i. der 15. Teil der Brennweite). Die Bildlänge ist bei einer Abblendung von $f/15$ ungefähr gleich der halben Brennweite, bei $f/70$ höchstens zwei Dritteile der Brennweite. Zur Erzielung einer größeren Ausdehnung der Bildschärfe blenden manche bis zu $1/100$ der Brennweite. Die Bildfläche ist bei der einfachen Linse weniger gleichmäßig von der Mitte gegen den Rand zu beleuchtet, als bei aplanatischen Doppelobjektiven.

Die ältere Form der Fassung der einfachen Linse war oben erwähnt, eine andere alte Form zeigt Fig. 23; damals wurden die

Blenden in Form von durchlöcherten Scheiben vor die Linse geschoben. Die neueren Formen (Fig. 24 und 29, s. u.) sind mit Rotationsblenden versehen.

Eine andere Form der einfachen französischen Landschaftslinse von Français in Paris ist die in Fig. 24 abgebildete (in natürlicher Größe für Plattenformate 13×18 cm). Durchmesser der größten Blendenöffnung = $f/12$, kleinste Blende = $f/25$.

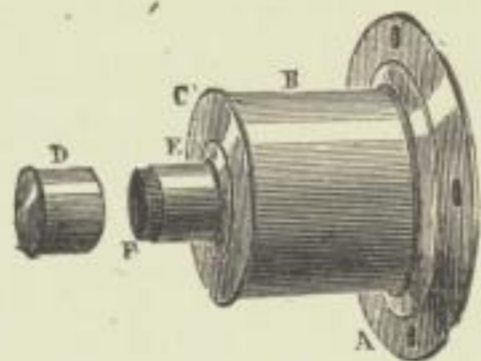


Fig. 23.

Dichte des Flintglases = 3,56; Dichte des Crownlases = 2,52.

Für $f=100$ beträgt der Linsendurchmesser = 22,2; Entfernung der Blende vom Glase = 25;

Crown + $R = 30$ mm

„ + $R' = 82,78$ mm

Flint - $R' = 82,78$ mm

„ - $R'' = 86,11$ „

Auch Karl Fritsch (vorm. Prokesch) in Wien erzeugt derartige Landschaftslinsen, welche einen Gesichtsfeldwinkel von ungefähr 80 bis 90 Grad haben und eine sehr geringe Verzeichnung der geraden Linien am Rande geben. Die Linsen sind aus Leichtflint und Silikat-crown angefertigt und be-

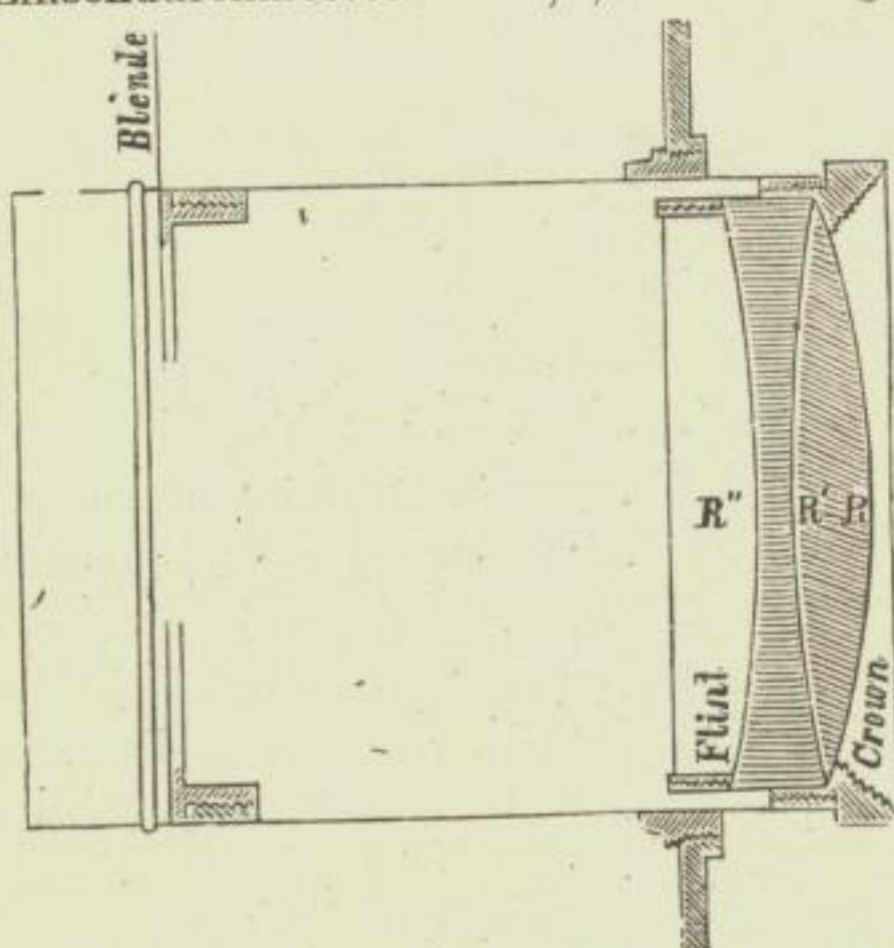


Fig. 24. Einfache Linse von Français in Paris.
 $f = 180$ mm.

sitzen andere Verhältnisse der Radien als die vorhin genannte Linse.

Es sind: Brechungsindex n'_D für das Flintglas = 1,572,

n_D „ „ Crownlas = 1,537.

Das Flintglas ist gegen das Objekt gekehrt. Die Radien des verkitteten Linsenpaares für die Brennweite von 100 mm sind:

Flint - $R' = 36,25$ mm

Crown + $R = 44,88$.

„ - $R'' = 44,88$ „

„ + $R = 147,88$.

Bei den einfachen Landschaftslinsen von E. Suter in Basel entspricht die Linsenform gleichfalls dem Typus der Chevalierschen; es sind jedoch die Glasarten so gewählt, daß die Crownlinse eine gleichschenklige Gestalt hat und die hintere Flintglasfläche möglichst plan ist; dadurch ist eine größere Ausdehnung der Schärfe (bei $f/12$) erzielt.

Die Rotationsblende wurde bei diesem Objektiv wegen der erweiterten Öffnung durch die Irisblende ersetzt.

Die Buschsche Landschaftslinse, welche seit den sechziger Jahren in Rathenow erzeugt wird, ist plankonvex (ähnlich wie die Sutersche). Fig. 25 zeigt eine solche Linse von 16,7 mm Öffnung und 100 mm Brennweite, welche sehr gut funktioniert.

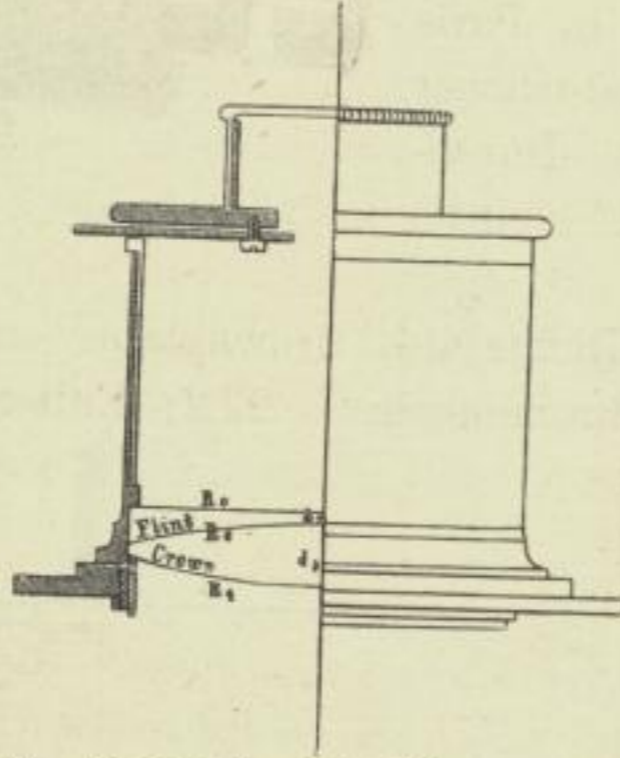


Fig. 25. Einfache Landschaftslinse von Busch.
 $f = 324$ mm.

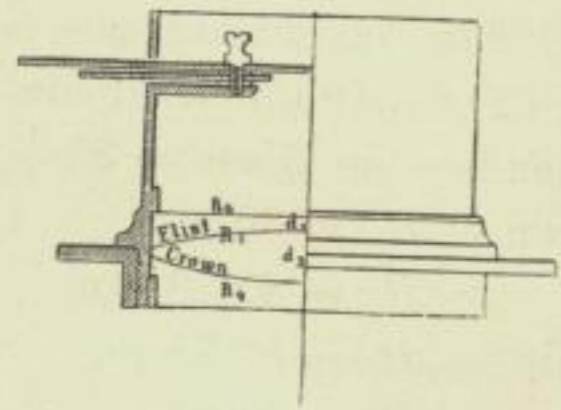


Fig. 26. Goerz' Choroskop.

Die verwendeten Glassorten hierfür sind:

Flint (mittlerer Brechungsindex) . $n' + 1,6027,$

Crown $n = 1,5282.$

Krümmungsradius $R_0 = \infty$

$R_1 = \mp 30,62$ mm $d_1 = 0,71$ mm

$R_2 = + 26,42$ „ $d_3 = 2,78$ „



Fig. 27.
Einfache Linse von Goerz
in Berlin.

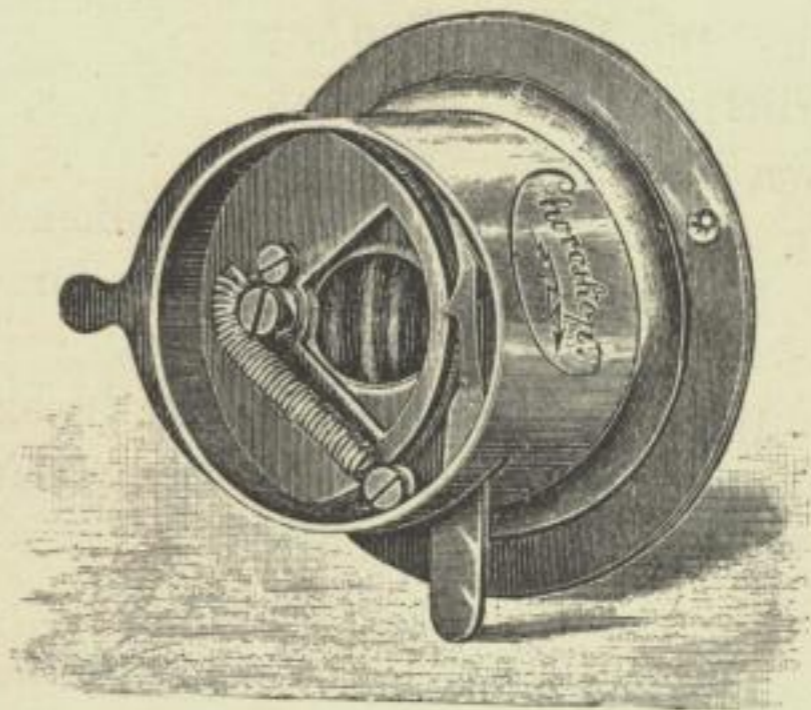


Fig. 28. Choroskop von Goerz.

Ebenso erzeugt C. P. Goerz in Berlin-Schöneberg einfache Landschaftslinsen (s. Fig. 27).

C. P. Goerz in Berlin-Schöneberg nennt ein mit einem Momentverschluß (rotierende Scheibe) versehenes einfaches Objektiv „Choroskop“ (s. Eder, Phot. Corresp. 1891). Fig. 26 und 28 zeigt dieses Objektiv. Die Linse ist ein Meniskus von

der in Fig. 26 abgebildeten Form. Das Verhältnis der Brennweite zur größten wirksamen Öffnung ist $= 1:13,5$. Der Bildwinkel $= 70$ Grad.

Verwendete Glassorten $\left\{ \begin{array}{l} \text{Flint } n' = 1,610 \\ \text{Crown } n = 1,530 \end{array} \right.$

Öffnung 21 mm: Brennweite 100 mm.

$d = 1,05 R = -748,95$ } Flint
 $R_1 = + 41,53$ }
 $d_1 = 3,41 R_2 = 41,53$ } Crown

Voigtländers einfache Landschaftslinse, die der Chevalierschen einfachen Landschaftslinse nachgebildet und ausschließlich zur Aufnahme von Landschaften bestimmt ist, wurde im Jahre 1888 mittels neuer Gläser aus dem glastechnischen Laboratorium in Jena ausgeführt. Diese Linse zeichnet sich durch eine große Ebenheit des Bildes und verhältnismäßig großen Gesichtsfeldwinkel von ungefähr 90 Grad aus. Die Tiefe der Schärfe ist eine gute und die Verzeichnung der geraden Linien am Rande eine geringe.

Fig. 29 zeigt die Abbildung der Voigtländerschen einfachen Landschaftslinse.

Sie besteht aus einer achromatischen Kombination einer doppelkonvexen Crown- und einer doppelkonkaven Flintglaslinse. Die gleichmäßig verteilte Kugelabweichung wird durch eine Vorderlinse aufgehoben. Das Crown Glas hat $n_D = 1,510$, das Flintglas $n_D = 1,538$. Die größte Öffnung ist $f/15$. Z. B. hat Nr. 3 bei 217 mm Brennweite ein Gesichtsfeld von 450 mm Durchmesser, so daß der Gesichtsfeldwinkel etwa 92 Grad beträgt. Die Krümmungshalbmesser stehen im Verhältnis von $1:1,017:2,55$.

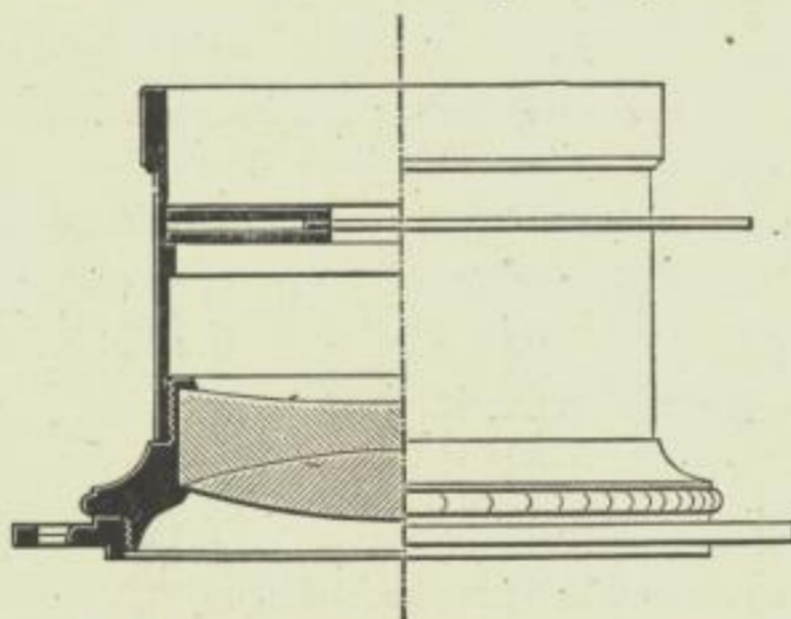


Fig. 29. Voigtländers einfache Landschaftslinse.
 $f = 190$ mm.

B. Grubbs und Schroeders einfaches Landschaftsobjektiv.

Eine andere Form gab Grubb im Jahre 1857 dem als einfache Landschaftslinse verwendeten Meniskus, wodurch er einen größeren Bildwinkel erzielte. Deshalb fand diese Form in der Mitte der sechziger Jahre Verbreitung und wird noch jetzt mehrfach erzeugt.

Der Grubbsche achromatische konkav-konvexe Meniskus von der in Fig. 30 dargestellten Form gibt geringere Abweichungen, als die Chevaliersche einfache Linse und gestattet den Gebrauch größerer Blenden. Grubb erhielt am 8. Oktober 1857 in England ein Patent hierauf.

Die Crown Glaslinse B (Fig. 30) hat die Form eines Meniskus und ist mit der konkaven Seite dem zu reproduzierenden Objekte zugewendet; die zerstreue Flintglaslinse ist mit der ersteren zusammengekittet. Da jedoch in dieser Richtung die Doppelobjektive (Aplanate usw.) weit-

aus überlegen sind, und andererseits die Anforderungen an die einfachen Landschaftslinsen seitens vieler Amateure (welche dieselben wegen der geringen Kosten häufig verwenden) in bezug auf Gesichtsfeldwinkel



Fig. 30.
Grubbs Linse.

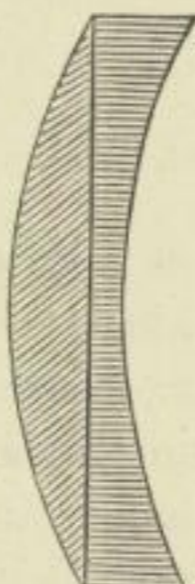


Fig. 31.
Schröders Linse.

gering sind, so vermochte diese Linsenform die ältere Chevaliers nicht zu verdrängen, welche letztere leichter herzustellen und für billige einfache Objektive noch sehr verbreitet ist.

Eine dritte Form der einfachen Linse wurde in England Schroeder und Stuart patentiert; sie ist in Fig. 31 abgebildet. Die plankonvexe Linse hat eine stärker brechende, aber geringere zerstreuernde Kraft und ist mit einer plankonkaven Linse von geringerer brechender, aber stärker oder gleich zerstreuernder Kraft verkittet.

Brechungsindex der plankonvexen Linse	Verhältnis der Dispersion der zweierlei Gläser	Brechungsindex der plankonkaven Linse	Verhältnis der Krümmungen
1,61	0,891	1,53	1,094
1,61	0,877	1,52	1,109
1,61	0,864	1,51	1,123
1,61	0,851	1,50	1,238

(Amateur Photographer. 1891. S. 205).

C. Anhang zum „einfachen Landschaftsobjektiv“.

Einfache Landschaftslinsen mit festem Diaphragma von $\frac{1}{5}$ des Linsendurchmessers und stark vernickelter Fassung kommen als „Waterbury-Linsen“ in den Handel; sie verdanken ihren Namen der Stadt Waterbury in Connecticut, wo die meisten Werkstätten der Scovill-Company, die sie fabriziert, liegen.¹⁾

Als Kuriosum sei erwähnt, daß Burnett 1857 die einfache Linse in Form von Linsenstreifen (Band-lenses) verwenden wollte. Aus einer Linse wurde ein Streifen von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ Zoll Breite herausgeschnitten. Dadurch sollte die Verzerrung bei Aufnahme naher Gegenstände nach auf- und abwärts vermieden werden; ferner sollte (was irrtümlich ist) durch die beiden Enden eines solchen Streifens zwei übereinanderfallende Bilder eines Gegenstandes und so eine stereoskopische Wirkung erzeugt werden.²⁾

Burton empfahl 1881 einzelne Linsen, deren flache Seiten der matten Scheibe zugekehrt sein müssen — also in umgekehrter Lage im Vergleich mit der gewöhnlichen — dringend für Porträtaufnahmen auf Bromsilbergelatine, da sie in Kombination mit diesen genügend lichtstark seien; freilich empfahl er sie nur dann, wenn nicht die höchste Schnelligkeit erforderlich ist. Man darf ihnen selbstverständlich nicht

1) Phot. Times and American Phot. Okt. 1881. Phot. Wochenbl. 1881. S. 403.

2) Kreutzers Jahrber. Phot. 1857. S. 439.

mehr zumuten als einem Porträtobjektiv von gleichem Fokus, nämlich daß sie eine Platte auszeichnen, deren größte Dimension gleich der Hälfte der Brennweite ist. Die Blenden sollen dabei $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ der Brennweite betragen und kann die erstere für Brustbilder dienen. Solche Linsen geben allerdings nicht die Haarschärfe von Aplanaten; aber sie zeigen genau dieselbe harmonische Weichheit, jenen allgemeinen „Duft“, wie manche sie bei Dallmeyers Patentporträtlinsen gern sehen, deren Wirkung gleichfalls auf sphärischer Aberration beruht. Den Porträtobjektiven gegenüber zeigen diese Linsen besonders in dunklerer Kleidung und in den Draperien viel größeren Reichtum an Details und eine Brillanz und Klarheit, wie sie bei nur zwei spiegelnden Flächen an Stelle von sechs sehr natürlich ist. Unter günstigen Bedingungen kann man mit der einfachen Linse im Zimmer ein Bild (auf Bromsilbergelatine) in 10, im Atelier in 2 bis 5 Sekunden machen.¹⁾

Auch die Hinterlinse jedes symmetrischen Doppelobjektives kann als einfache Linse benutzt werden und gibt ungefähr die doppelte Brennweite des ganzen Systems. Über die Verwendung einer einzelnen Linse des Petzval'schen Porträtobjektives als einfache Landschaftslinse s. u.

D. Dallmeyer's dreifach verkittete Weitwinkel-Landschaftslinse.

In der Absicht, die Verzeichnung auf einen möglichst geringen Grad zu reduzieren und dem Objektiv einen möglichst großen Aufnahmewinkel zu geben, hat Dallmeyer²⁾ gesucht, dem einfachen Objektiv die Form eines mehr ausgesprochenen Meniskus zu geben und hat das Diaphragma der Linse bedeutend genähert. Wenn er das frühere Objektivsystem beibehalten hätte, so würde er sein Ziel mit dem Verlust der Schärfe der Ränder der Bilder haben erreichen können, indem er es sich jedoch zur Hauptbedingung gemacht, das Bild in der Mitte möglichst ebenso scharf als an den Rändern zu erhalten, so mußte er eine neue optische Zusammenstellung konstruieren, welche in Fig. 32 dargestellt ist.

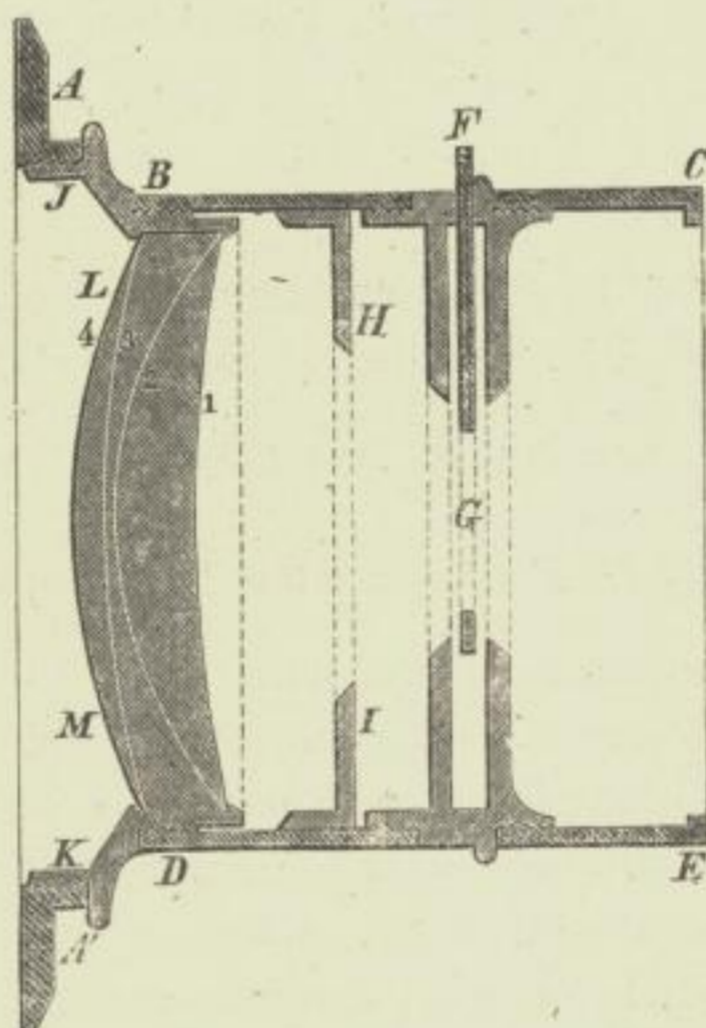


Fig. 32. Einfaches Objektiv von Dallmeyer.

Anstatt das Objektiv bloß aus zwei Linsen, einer Crown- und einer Flintglaslinse zu konstruieren, fügte Dallmeyer noch eine dritte aus Crown- und Flintglas hinzu, deren Brechungsindex von dem der ersten Crown- und Flintglaslinse etwas verschieden ist.

1) Phot. Wochenbl. 1881. S. 394. British Journ. of Phot. 1881. S. 593.

2) Zuerst beschrieben in den engl. Patentschriften vom 14. Okt. 1864. Nr. 2539.

Die drei Linsen sind also zusammengekittete Menisken, welche eine einzige Linse bilden, deren konkave Fläche nach dem zu reproduzierenden Objekte gerichtet ist, wie bei dem gewöhnlichen einfachen Objektiv.

Figur 32 zeigt das Objektiv und seine Fassung in natürlicher Größe. Die Fokusslänge desselben beträgt 173,75 mm, der Durchmesser desselben 40 mm, die anderen Bestimmungen des Systems ausgedrückt in Funktionen der Fokussdistanz sind folgende:

Durchmesser der Linsen	23,02 mm
Erste Linse (Crown Glas) {	60,43 "
	17,27 "
Zweite Linse (Flint Glas) {	17,27 "
	48,13 "
Dritte Linse (Crown Glas ₂) {	48,13 "
	25,61 "
Gemeinschaftliche Fokusslänge	100,00 "
Brechungsindex (gelb) des Flintglases .	1,581 "
" " Crown Glases ₁	1,521 "
" " Crown Glases ₂	1,514 "

Verhältnis der Fokusslängen, um die Achromatisierung herbeizuführen:

$$\text{Crown}_1 \text{ und Flint } \frac{f}{f'} = 0,706,$$

$$\text{Crown}_2 \text{ und Flint } \frac{f}{f'} = 0,645.$$

Die Rotationsblende ist vor der Linse in einer Entfernung, welche dem Durchmesser derselben gleichkommt, angebracht, also viel näher als gewöhnlich; die kleinste Öffnung ist $\frac{f}{30}$, die größte $\frac{f}{20}$.

Mit einer Blende von $\frac{f}{20}$ wird mit vollkommener Schärfe eine kreisrunde Fokalebene von 72 Grad Ausdehnung gedeckt, mit einer solchen von $\frac{1}{30}$ ein Kreis von 85 bis 90 Grad Gesichtswinkel. Das Gesichtsfeld des Objektivs ist somit sehr bedeutend, da die größte Seite des Bildes (welches immer rechtwinklig ist) größer als die Fokusslänge des Objektivs ist, während bei den älteren einfachen Objektivs, die vor Dallmeyer konstruiert wurden, diese Seite in der Regel zwei Drittel der Fokusslänge derselben betrug.

Die Verzeichnung wird für ein Bild, dessen größte Seite der Fokussdistanz des Objektivs gleich ist, auf ein geringes Maß reduziert, indem der Durchmesser des letzteren verhältnismäßig geringer ist, als bei den früheren Objektivs. — Da überdies das einfache Objektiv hauptsächlich zur Landschaftsaufnahme bestimmt ist, so verursacht die Verzeichnung keinen sichtbaren Fehler in dem Bilde. Da es aber die Linie am Rande immerhin schwach verbiegt, so ist diese Linse

für Architekturen, welche die Seite des Bildes einnehmen, nicht zu empfehlen.

Diese Linse fand in Österreich und Deutschland wenig Verbreitung, da sie ziemlich kostspielig war und man meistens die oben beschriebenen analog wirkenden verbesserten einfachen Landschaftslinsen (aus zwei Gläsern verkittet) wählt, wenn man nicht die lichtstärkeren Doppelobjektive bevorzugt.

C. P. Goerz in Berlin-Friedenau nennt dieselbe Linsenart „Dreifache Amateurlinse“. Die größte verwendbare Blende beträgt $\frac{f}{15}$; der Bildwinkel ist = 72 Grad.

Fig. 33 zeigt dieses Objektiv; über dessen Konstruktion s. „die einfache achromatische Linse als Photographenobjektiv“ (Eders Jahrbuch für Photographie für 1889. S. 278).



Fig. 33.
Dreifache Amateurlinse.

Auch O. Simon in Potsdam erzeugt gute Weitwinkel-Landschaftslinsen nach Dallmeyer (dreifach verkittet mit kurzer Brennweite). Größte

wirksame Öffnung $\frac{f}{10}$, Bildwinkel 74 Grad. [Kleinste Blende $\frac{f}{32}$]

Für jene Zwecke der Landschaftsphotographie, bei welchen man mit längerer Brennweite und geringerem Bildwinkel arbeiten will, konstruiert O. Simon derartige dreifach verkittete Landschaftslinsen von 50 Grad Bildwinkel.

Auch Roß in London bringt eine einfache Landschaftlinse („Single wide-angle Landscape Lens“), welche aus drei Linsen verkittet ist, in den Handel; sie gibt bereits mit einer Öffnung von $\frac{f}{16}$ gute Bilder, und ist nur für Landschaftsaufnahmen (nicht aber für Architekturen) bestimmt.

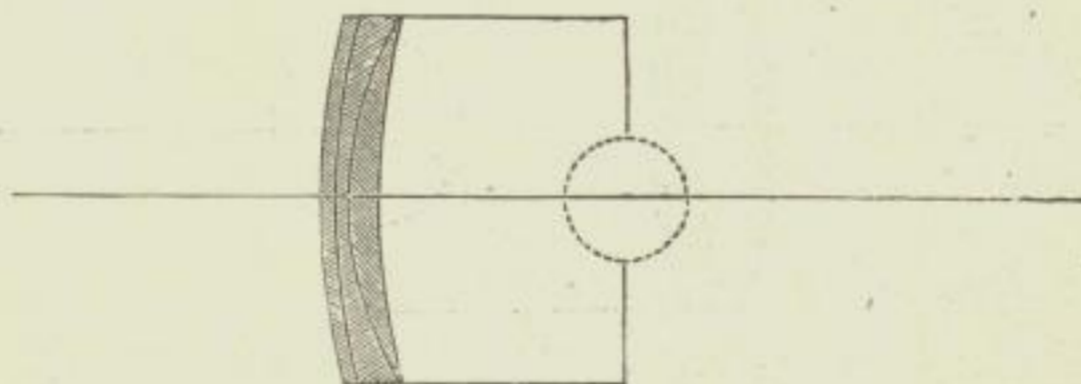


Fig. 34. Dallmeyers Linse.

Im Jahre 1880 berechnete Dallmeyer eine andere dreifach verkittete „einfache Landschaftlinse mit langem Fokus“ (Rapid Landscape lens long focus), welche er im Jahre 1886 ausführte (Brit. Journ. Phot. 1886. S. 17). Sie ist aus zwei Flintgläsern und einem Crown Glas verkittet (Fig. 34), während Fig. 35 die ältere, bereits oben beschriebene Form zeigt.

Dieselbe hat einen geringeren Gesichtsfeldwinkel (40 Grad) als die vorige und ist für weit entfernte Landschaften und Aufnahmen

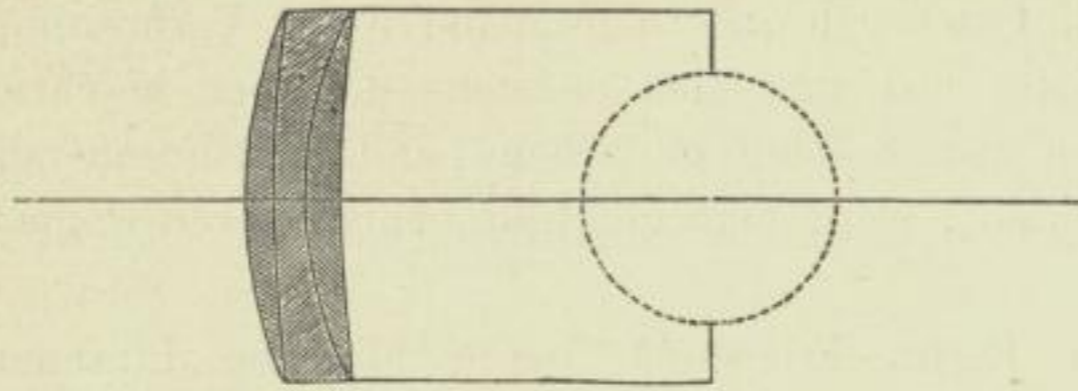


Fig. 35. Dallmeyers „Rapid lens, long focus“.

zur See bestimmt. Die Öffnung der größten Blende ist $= \frac{f}{12}$ und gibt somit Momentbilder im Freien ohne Schwierigkeit, wobei das Objektiv ein scharfes Bild mit einer Seitenlänge von $\frac{f}{2}$ gibt, während es mit $\frac{f}{30}$ ein scharfes Bild, dessen Seitenlänge fast gleich der Brennweite (f) ist, gibt.

E. Dallmeyers einfache Rektilinear-Landschaftslinse

gehört zwar nicht mehr zu den einfachen Linsen, soll aber dennoch in diesem Kapitel beschrieben werden, weil sich diese Linsenform stark an die dreifach verkittete Landschaftslinse anlehnt.

Bei dem Landschafts-Rektilinear, welches Dallmeyer im Jahre 1888 konstruierte, befindet sich die Blende vor den Linsen, ähnlich wie bei den gewöhnlichen einfachen Landschaftslinsen; das ganze Linsensystem besteht aus drei Linsen, wovon zwei miteinander verkittet sind, die dritte aber einzeln steht. Die nachstehende Figur veranschaulicht diese Konstruktion. Fig. 36 zeigt die Rektilinear-Landschaftslinse für Platten 10×8 Zoll, Fokus = $13\frac{1}{2}$ Zoll.

Die Rektilinear-Landschaftslinse besitzt bei einem Linsendurchmesser von 2 Zoll eine äquivalente Brennweite von 14 Zoll. Die

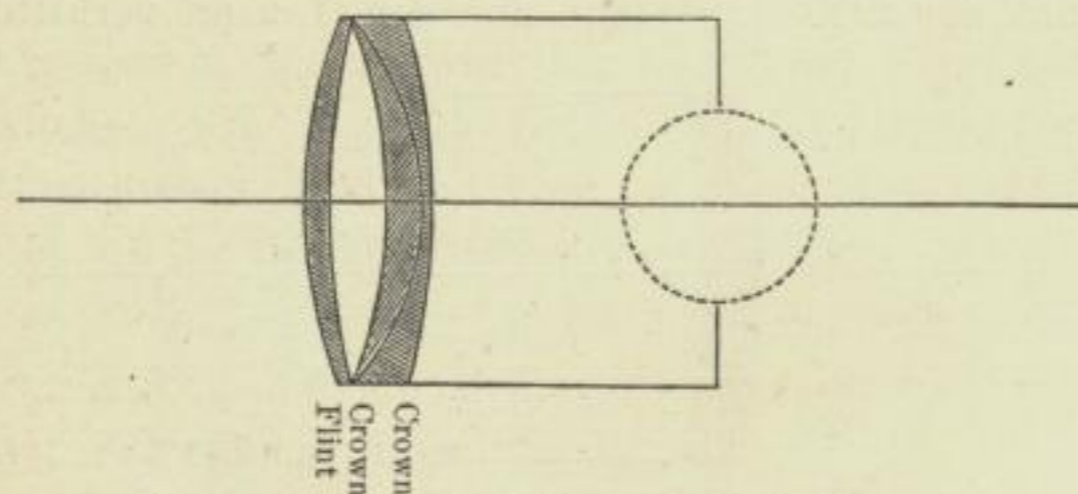


Fig. 36. Dallmeyers Rektilinear-Landschaftslinse.

größte Blende, womit sie verwendbar ist, beträgt 1 Zoll; die größte wirksame Öffnung für Aufnahmen ist deshalb $\frac{f}{14}$, was eine namhafte Helligkeit repräsentiert.

Diese Dallmeyersche Linsenkonstruktion erinnert einigermaßen an eine von Goddard im Jahre 1869 konstruierte, in dem *British Journal of Photography* (1869, Seite 398) beschriebene Objektivkonstruktion, welche er „Double periscopic lens“ nannte. Wie Fig. 37 zeigt, ist eine nicht zu verkennende Ähnlichkeit in der optischen Anordnung der Linsen wie bei der Dallmeyerschen Fig. 36 vorhanden. Das

zur See bestimmt. Die Öffnung der größten Blende ist $= \frac{f}{12}$ und gibt somit Momentbilder im Freien ohne Schwierigkeit, wobei das Objektiv ein schar-

fes Bild mit einer Seitenlänge von $\frac{f}{2}$ gibt, während es mit $\frac{f}{30}$ ein scharfes Bild, dessen Seitenlänge fast gleich der Brennweite (f) ist, gibt.

größte Blende, womit sie verwendbar ist, beträgt 1 Zoll; die größte wirksame Öffnung für Aufnahmen ist deshalb $\frac{f}{14}$, was eine namhafte Helligkeit repräsentiert.

Diese Dallmeyersche Linsenkonstruktion erinnert einigermaßen an eine von Goddard im Jahre 1869 konstruierte, in dem *British Journal of Photography* (1869, Seite 398) beschriebene Objektivkonstruktion, welche er „Double periscopic lens“ nannte. Wie Fig. 37 zeigt, ist eine nicht zu verkennende Ähnlichkeit in der optischen Anordnung der Linsen wie bei der Dallmeyerschen Fig. 36 vorhanden. Das

Goddardsche Objektiv war jedoch mit folgenden Fehlern behaftet: 1. Es gab nur mit sehr kleinen Blenden scharfe Bilder (nach „Photographic News“ 1888. S. 189); 2. das Bildfeld war sehr gekrümmt, so daß es nur einige Zoll von der Achse brauchbar war und an den Rändern Distortion zeigt.

Dallmeyer wählte bei seiner Konstruktion eine andere Form der verkitteten Linse und eine andere Krümmung der einzelnen Linsen, wodurch er diese Fehler vermied und die neue Konstruktion zustande brachte.

Dallmeyers Rektilinear-Landschaftslinse besteht nach der Patentbeschreibung vom 2. Februar 1888¹⁾ aus drei Menisken in der aus der Fig. 38 ersichtlichen Zusammenstellung; die äußere Linse *A* ist aus Flint-, die mittlere *B* und innere *C* aus Crown glas. Die Linsen *A* und *B* sind zusammengekittet, brauchen es aber nicht zu sein. Die Blende befindet sich vor der Flintlinse *A*. Bei dieser Zusammensetzung ist die Linse, obwohl sich die Blende vorne befindet, frei von Randverzeichnung.

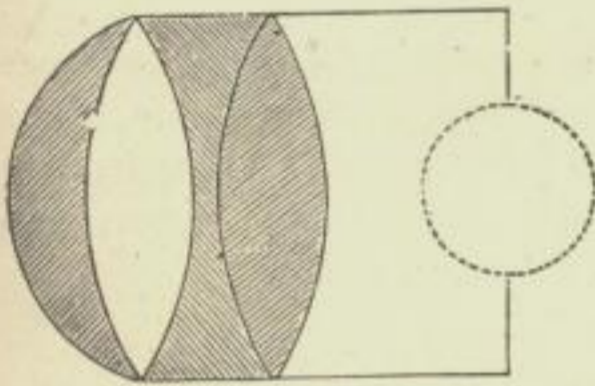


Fig. 37. Goddards Linse.

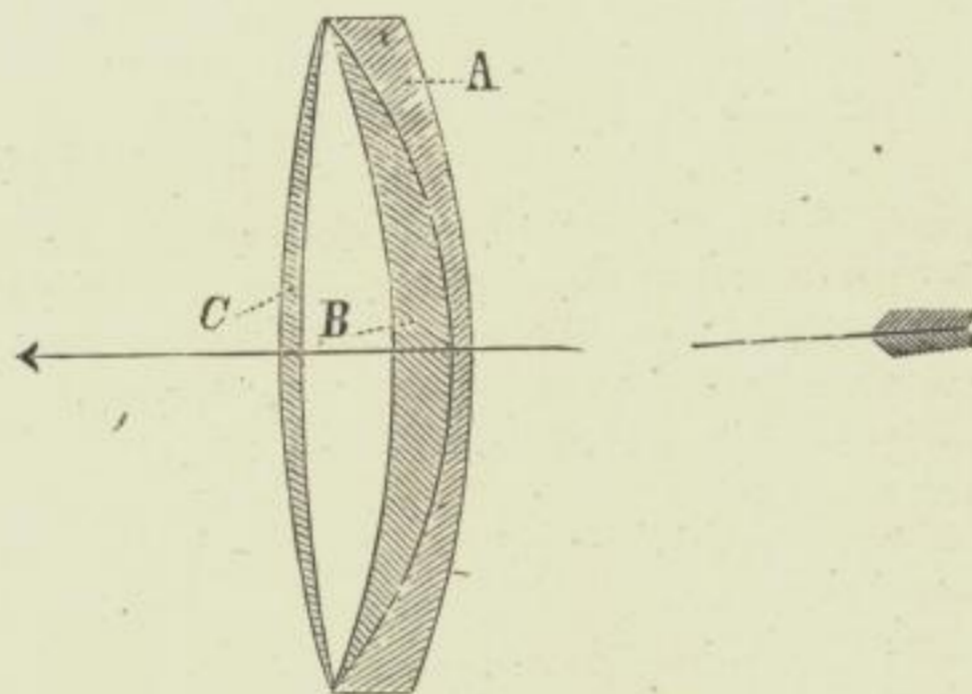


Fig. 38. Dallmeyers Rektilinear-Landschaftslinse.

Die Konstanten der Linse sind folgende:

	<i>R</i> in Zoll	Brechungsindex	
		<i>D</i> -Linie	<i>G</i> -Linie
Linse <i>A</i> aus Flint	{ + 2,900 } { - 1,558 }	1,574015	1,592824
Linse <i>B</i> aus Crown	{ + 1,558 } { - 3,342 }	1,514591	1,526595
Linse <i>C</i> aus Crown	{ - 6,001 } { + 3,489 }	1,517114	1,528358

Die Hinterlinsen aller symmetrischen Objektive lassen sich bei mehr oder weniger starker Ablendung als einfache Landschaftslinsen verwenden. Sie haben dabei ungefähr die doppelte Brennweite wie das ganze Objektiv. Dadurch ist die Herstellung eigener Landschaftslinsen überflüssig geworden. Auch die Hälften unsymmetrischer Doppelobjektive lassen sich als Landschaftslinsen mit Vorderblende verwenden, wenn sie für sich sphärisch und chromatisch korrigiert sind.

1) Phot. News. 1889. S. 59. Vergl. Phot. Corresp. 1888. S. 189.

FÜNFTES KAPITEL.

APLANATE, EURYSKOPE, REKTLINEARE UND ÄHNLICHE SYMMETRISCHE APLANATISCHE LINSEN.

I. Einleitung.

Wenn man zwei Sammellinsen in der Weise kombiniert, daß die Brechungswinkel der ersten Linse jenen der zweiten gerade entgegengesetzt sind, wie Fig. 39 andeutet (BB), so treten die Strahlen ($abcd$ und $a'b'c'd'$) parallel mit den verschiedenen einfallenden Strahlen aus, womit die zur Herstellung eines unverzerrten Bildes gestellte Bedingung erfüllt ist.

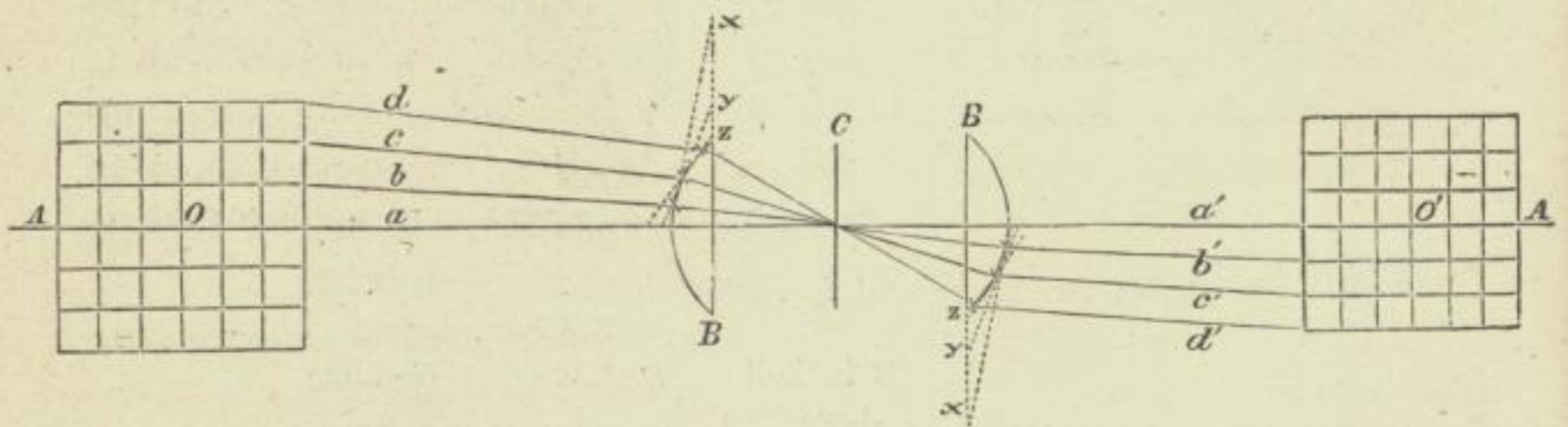


Fig. 39. Kombination zweier achromatischer Linsen.

Dieses Mittel gab zuerst Rothwell an und Sutton veröffentlichte es. Die große Schwierigkeit war aber, daß die durch Kombination zweier achromatischer Sammellinsen entstandenen Bilder eine sehr große Krümmung der Bildfläche gaben¹⁾; man konstruierte nach diesem Prinzip die Kugelobjektive (s. d.), später Buschs Pantoskop (s. d.), ohne jedoch lichtstarke aplanatische Systeme erzeugen zu können.

II. Dr. Steinheils Aplanate.

Die Erfindung symmetrischer, lichtstarker aplanatischer Doppelobjektive gelang erst Dr. Adolph Steinheil (s. S. 23) im Jahre 1866 auf Grund scharfsinniger Berechnungen.

1) Dallmeyer, Kreutzers Zeitschr. f. Photogr. 1860. S. 290. Aus Journ. London. Phot. Soc. Bd. 6, S. 247.

Die Patentbeschreibung hat folgenden Inhalt:

„Die aplanatischen Photographieobjektive sind bestimmt zu Aufnahmen von Gruppen und Porträts (besonders im Freien), zu Reproduktionen, zu Vergrößerungen, zu Interieurs, Architekturen und Landschaften.

Das Objektiv ist so konstruiert, daß es keinen chemischen Fokus hat, die Kugelgestalt vollständig hebt und ein ebenes, von jeder Verzerrung freies Bild liefert. Dieses Bild kann bei Anwendung einer Blendungsöffnung, die $\frac{1}{30}$ der Brennweite beträgt, bis 90 Grad und noch darüber ausgedehnt werden, während für Fälle, in denen nur geringere Ausdehnung des Bildes notwendig ist, die Helligkeit bis zu einer Blendungsöffnung gleich $\frac{1}{8}$ Brennweite gesteigert werden kann, ohne daß die Deutlichkeit abnimmt. Das Objektiv hat einen gemeinschaftlichen Hauptpunkt und ist gegen diesen vollkommen symmetrisch oder ähnlich; es besteht aus zwei positiven, achromatisierten, verkitteten Objektiven, deren jedes aus

zwei Flintglasmenisken

gebildet ist. Von diesen beiden Menisken, welche je ein achromatisches Objektiv bilden, hat der eine negative, der andere positive Brennweite; der negative Meniskus liegt außen und wendet, wie auch der innen liegende positive Meniskus, dem Mittelpunkt des Systems seine Hohlfläche zu.

Die Halbmesser dieser Menisken sind abhängig von den Brechungs- und Zerstreuungskräften der angewendeten Flintglassorten und werden stets in der Art berechnet, daß die Brennweiten der positiven und negativen Menisken so angenommen werden, daß, während der optische und chemische Strahl vereinigt sind (die Achse im nämlichen Punkte treffen) und zwei Flächen der Menisken ineinander passen, die gewünschte Brennweite erreicht ist. Nun werden die Objektive unter Beibehaltung des Ineinanderpassens der inneren Flächen und der Brennweiten der einzelnen Linsen so durch die Rechnung gebogen, bis gleichzeitig auch der Kugelgestaltfehler gehoben ist; zuletzt wird noch für die beiden gleichen oder ähnlichen Objektive derjenige Abstand bestimmt, bei welchem das Bild eben wird. Die Ähnlichkeit der Objektive bedingt die Aufhebung der Verzerrung; die Wahl der Flintglasarten diejenige Form, bei welcher keine Nebenbilder durch Reflexionen entstehen.

Natürlich kann dieses Objektiv in allen Dimensionen angefertigt werden und es lassen sich sehr verschiedene Flintglassorten dazu verwenden, wobei jedoch immer zu berücksichtigen ist, daß bei größeren Unterschieden in der Brechungs- und Zerstreuungskraft größere Helligkeit, aber kleineres Gesichtsfeld erzielt wird und umgekehrt. Vergrößert man den absoluten Maßstab, so muß Helligkeit und Gesichtsfeld etwas vermindert werden, damit die Deutlichkeit des Punktes sowohl in der Mitte, als auch am Rande des Sehfeldes die gleiche bleibt. Im nachstehenden ist die Dimension für eine Sorte gegeben:

1. Brechungskoeffizient	stärkeres Flint	schwächeres Flint
optischer Strahl (gelbes Licht) . . .	1,61603	1,58329
chemischer Strahl (violette Licht) . . .	1,64080	1,60372
Freie Öffnung des Objectives	51 ^{'''}	
Wahre Brennweite	31 ^{''} 2 ^{'''}	
Erster Krümmungshalbmesser +	95, 21 (erhaben)	} stärkeres Flint
Zweiter "	- 39, 29 (hohl)	
Dritter "	+ 39, 29 (erhaben)	} schwächeres Flint
Vierter "	- 135, 0 (hohl)	
	Abstand bis zur Blendung	38 ^{'''} .

Größte Blendung 33^{'''}; kleinste Blendung 11, 3.

Die zweite Objektivhälfte ist vollkommen symmetrisch gegen die Blendung.

Das aplanatische Objektiv ist sowohl in der Konstruktion, als im Effekte wesentlich verschieden von allen jetzigen Photographenobjektiven.

Alle jetzigen Photographenobjektive bestehen entweder nur aus Crown- oder aus Crown- und Flintglas, während das aplanatische Objektiv

nur aus Flintglas

besteht.

Hierdurch ist der große Vorteil erreicht, daß für dieselbe Bildgröße bei größerer Helligkeit weniger Linsen und kleinere Linsen erforderlich sind, als dies bei dem englischen Tripletobjektive, welches bis jetzt für dieselben Zwecke das beste war, der Fall ist; ferner wird bei diesem Objektive die Form im Ganzen eine solche, daß keine für das Bild störenden Reflexe an den Glasflächen entstehen können. Endlich haben die Flintgläser untereinander viel proportionalere Spektren, als Crown- und Flintglas gegeneinander, wodurch nicht nur das optische, sondern auch das chemische Bild (das von den chemisch wirkenden Strahlen gebildete Bild) bedeutend an Präzision gewinnt.

In dieser Weise ist durch das aplanatische Objektiv die Möglichkeit gegeben, mit demselben Apparate Aufnahmen in den verschiedensten Branchen der Photographie zu machen und es ist dieser Apparat bei gleichen Bildgrößen kleiner und dadurch billiger, als alle früheren Konstruktionen.

München, den 14. Januar 1867.⁴⁴

Steinheil opferte also bei gewissen seiner aplanatischen Linsenkombinationen einen Teil der Helligkeit des Bildes, um andere Vorzüge, insbesondere einerseits die größte Deutlichkeit in der Mitte und gegen den Rand zu bekommen, andererseits einen großen Gesichtsfeldwinkel und Tiefe der Bilder zu erreichen.

Welche Gesichtspunkte Steinheil leiteten, als er verschiedene Aplanate zu verschiedenen Zwecken konstruierte, ist im folgenden mitgeteilt:

Wenn auch der Kugelgestaltfehler im allgemeinen behoben ist, so ist dennoch zu bemerken, daß der Kugelgestaltfehler für die violetten Strahlen streng gehoben sein kann, dies aber nicht mehr für die anderen Farben (z. B. Blau, Ultraviolett) der Fall ist. Alle farbigen Strahlen vereinigen sich nirgends zu einem Punkte, sondern bilden an einer Stelle nur ein kleinstes Scheibchen; an diese Stelle ist die Ebene der deutlichen Einstellung gelegt und diese soll dieselbe sein für die verschiedenen farbigen Strahlen, wenn der chemische Fokus gehoben ist.

Gibt man einem Objektiv im Verhältnis zur Brennweite eine große Öffnung, so sind die erwähnten Zwischenfehler groß und wenn man auch durch Anwendung engerer Blendungen den Durchmesser des Scheibchens, das ein Punkt sein sollte, kleiner bekommt, als mit der großen Blende, so bekommt man es doch nicht so klein, als man es bekommen könnte, wenn die Strahlen für die engere Blendungsöffnung möglichst richtig gelegt worden wären.

Hieraus folgt, daß für jene Fälle, welche die größte Schärfe der Bilder erfordern (Reproduktionen von Stichen in Strichmanier) mit Vorteil nur solche Objektive verwendet werden können, bei denen der Kugelgestaltfehler und der chemische Fokus für kleine Blendungsöffnung gehoben sind und welche deshalb auch größere Helligkeit nicht mehr ertragen.¹⁾

1) Je stärker gekrümmt die Linsen sind, um so schneller nimmt die Deutlichkeit des Bildes in der Mitte usw. mit der Vergrößerung des Linsendurchmessers bei gegebener Brennweite (Vermehrung der Lichtstärke des Objectives) ab; je flacher sie

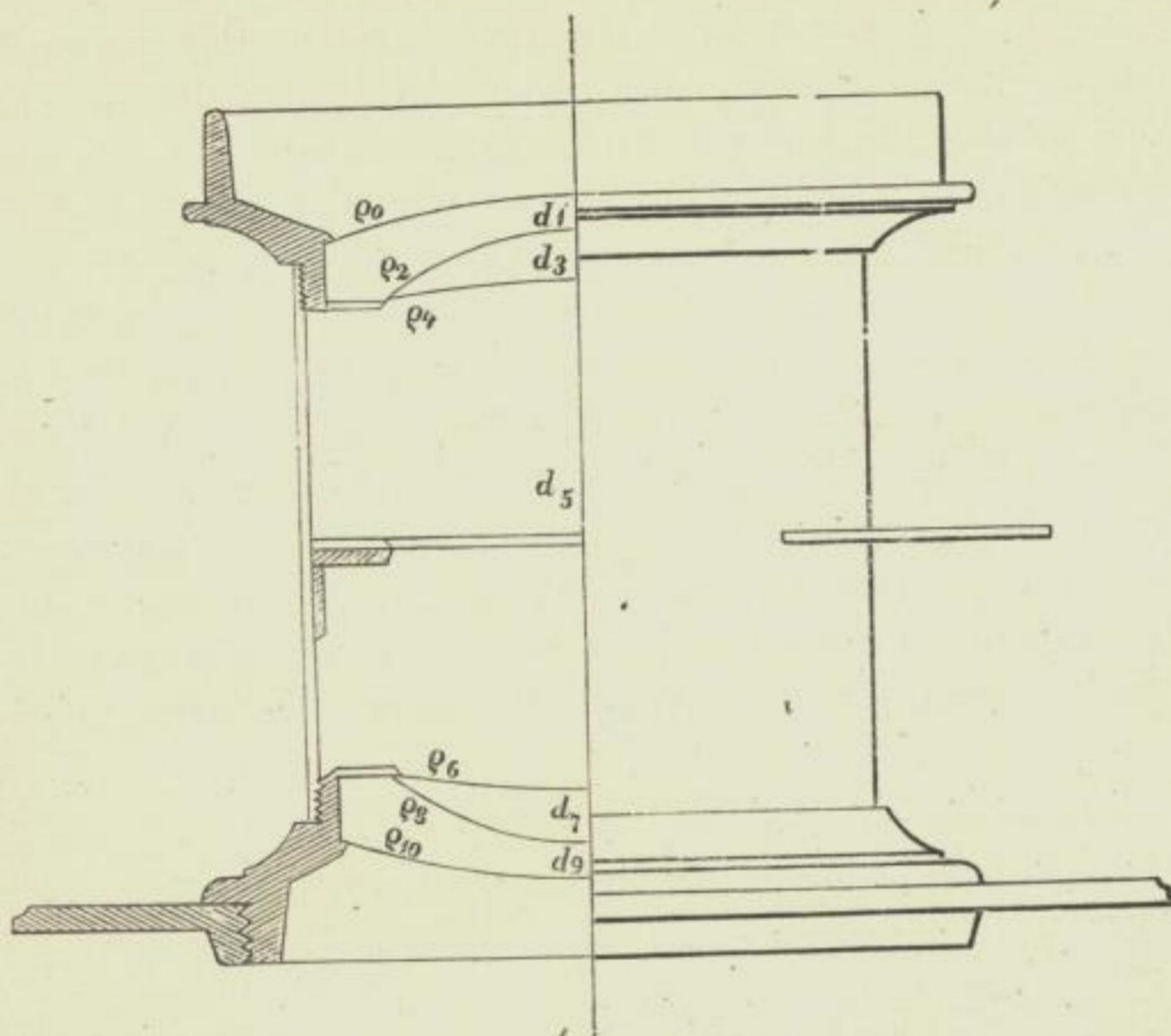


Fig. 40. Steinheils Aplanat. $f = 240$ mm.

Wirksame Öffnung 16,04 mm
 Brennweite . . . 100 „
 Brechungskoeffizient: $n_d = 1,58027$
 $n_d' = 1,61912$
 $\frac{d_n'}{d_n} = 1,2436$.

Krümmungsradius: $e_0 = \pm 26,183$ mm	} Ordin. Flint $d_1 = 1,04$ mm (Dicke)
$e_2 = + 10,931$ „	
$e_4 = - 38,088$ „	} Leicht Flint $d_3 = 1,96$ „
	Abstand $d_5 = 17,92$ „
$e_6 = - 38,088$ „	} Leicht Flint $d_7 = 1,96$ „
$e_8 = \pm 10,931$ „	
$e_{10} = + 26,183$ „	} Ordin. Flint $d_9 = 1,04$ „

Im nachstehenden sind die verschiedenen Aplanate Steinheils in ihren verschiedenen Konstruktionen nach seinen Originalzeichnungen und Mitteilungen publiziert.¹⁾

A. Der gewöhnliche Aplanat.

„Der“ Aplanat (nicht „das“ Aplanat) ist zu Architekturen, Landschaften, Reproduktionen, selbst zu Gruppen- und Momentaufnahmen

sind, desto größere Linsenöffnungen kann man benutzen, bis die gestattete Grenze der Undeutlichkeit überschritten wird. Andererseits wird das Bild um so schneller gegen den Rand zu schlecht (Abnahme der Deutlichkeit gegen den Rand, wenn die Mitte scharf eingestellt ist), je flacher die Linsen werden.

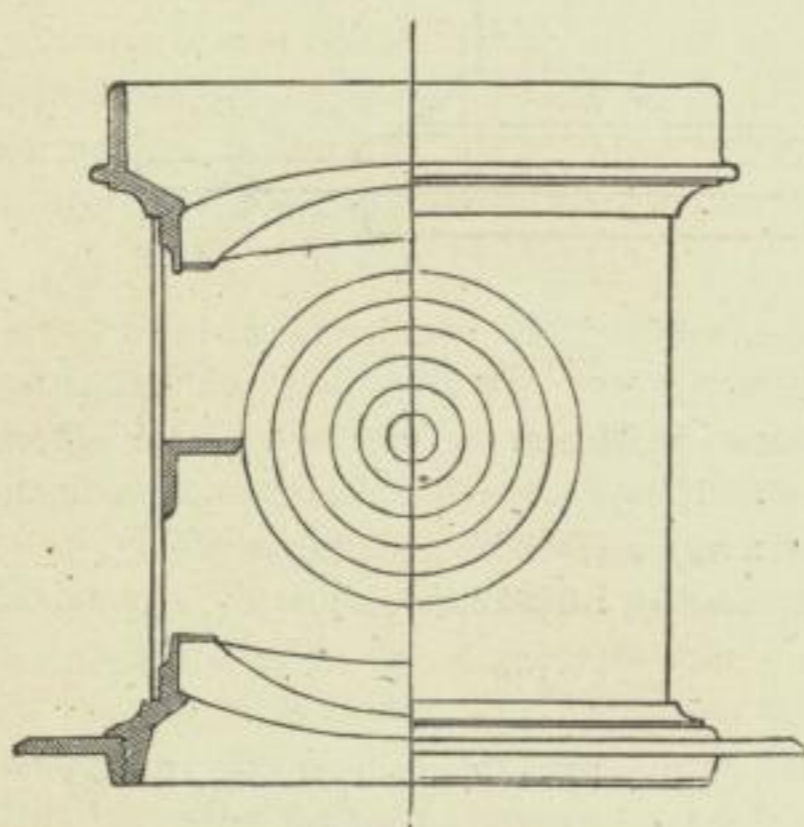
1) Auch diese Mitteilung erfolgte zuerst in der 1. Auflage dieses Werkes.

im Freien sehr gut verwendbar. Das Verhältnis von Öffnung zur Brennweite ist wie 1:6 oder $\bar{1}:7$; Gesichtsfeldwinkel zirka 60 Grad (Fig. 40).

Die beiden Linsenpaare sind achromatisch; schraubt man die Vorderlinse ab, so gibt die Hinterlinse allein (mit Blenden) eine ziemlich gute einfache Landschaftslinse, welche ein doppelt so großes Bild gibt. Steinheil löste das Problem, welches Dallmeyer durch die Tripletlinse mit drei Linsenpaaren erreichte, durch zwei; ferner ist der Aplanat lichtstärker als diese, frei von allen Reflexbildern und Lichtflecken.

Er wird in ausgedehntem Maße verwendet, wenn auch Steinheil selbst spezielle Instrumente für Landschaften (Landschaftsapanate, -Antiplanete), sowie für Reproduktionen von großen Bildern konstruierte.

Die Linsen der Aplanate sind so gelegt, daß sie für die großen Blendungen möglichst guten Effekt geben; wenn man sich mit geringerer



95 mm Öffnung,
522 mm Brennweite.

Flintglas	$n' = 1,59000$
Jena O 184	$N' = 1,60122$
Crown	$n' = 1,53660$
Jena O 214	$N' = 1,54441$

Fig. 41. Steinheils Universalaplanat.

Helligkeit begnügt, so kann man die absolute Deutlichkeit über das ganze Bild hin steigern (besser als wenn die Konstruktion für größere Öffnung gerechnet und dann abgeblendet worden wäre), weshalb man zur Reproduktion spezielle Apparate konstruiert, ferner kann man dann den Gesichtsfeldwinkel vermehren (wichtig für Landschaften, um größere Gleichmäßigkeit der Helligkeit von der Mitte gegen den Rand zu erzielen).

Seit dem Jahre 1886 führte Dr. Steinheil in die Fabrikation der Aplanate die neuen Jenenser Gläser ein. Er steigerte durch die passende Wahl der Glassorten und Krümmungsradien die Helligkeit seiner Aplanate auf die relative Helligkeit $\frac{1}{6}$. Außerdem machte er die Distanz der Vorder- und Hinterlinse verstellbar, so daß der Aplanat bei der größten Annäherung beider Gläser für Gruppenaufnahmen bestimmt war, während bei größerer Linsendistanz er für Reproduktionen diente.

Diese Aplanate wurden mit dem Namen „Universalaplanate“ bezeichnet. Fig. 41 zeigt einen solchen Steinheilschen Universalaplanaten, wie ihn Dr. Steinheil zuerst im Juli 1886 konstruierte.

Diese Aplanate sind bestens zu Gruppenbildern, ferner zu Reproduktionen, bei welchen es auf größere Helligkeit ankommt (z. B. orthochromatischen Aufnahmen), zu empfehlen.

Für Momentaufnahmen im Freien eignet sich der Aplanat gleichfalls gut, jedoch wird der Antiplanet wegen der größeren Helligkeit und dem etwas planeren Bilde zumeist vorgezogen, jedoch nur bis zu Dimensionen von beiläufig 50—80 mm Linsendurchmesser, weil darüber hinaus die Antiplanete zu schwer werden. Für größere Objektive wird zu den Aplanaten gegriffen, da bei diesen viel dünnere Glasmassen nötig sind und somit das Instrument handlicher und leichter herzustellen ist.

B. Der Landschaftsplanat

ist weniger hell als der gewöhnliche Aplanat. Die wirksame Öffnung ist $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{15}$ der Brennweite, das Gesichtsfeld dieser Apparate ist

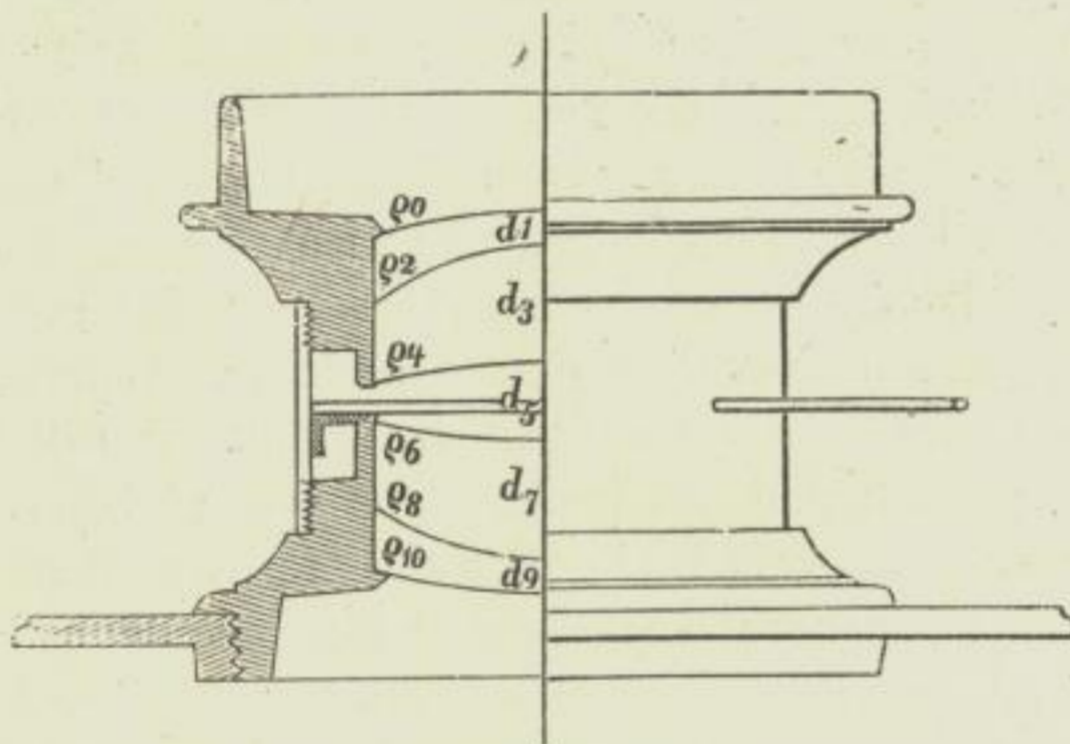


Fig. 42. Steinheils Landschaftsplanat. $f = 240$ mm.

Wirksame Öffnung 9,58 mm
 Brennweite . . . 100 „
 Brechungskoeffizient: $n_d = 1,58027$
 $n_{d'} = 1,61588$
 $\frac{d_{n'}}{d_n} = 1,2161$

Krümmungsradius: $e_0 = + 19,05$ mm	} Ordin. Flint $d_1 = 0,93$ mm (Dicke)
$e_2 = + 8,38$ „	
$e_4 = - 23,45$ „	} Leicht Flint $d_3 = 3,62$ „
	Abstand $d_5 = 2,34$ „
$e_6 = - 23,45$ „	} Leicht Flint $d_7 = 3,62$ „
$e_8 = + 8,38$ „	
$e_{10} = + 19,05$ „	} Ordin. Flint $d_9 = 0,93$ „

noch größer (zirka 95 Grad) als das der Aplanate, so daß mit einem solchen Instrumente mehr vom Bilde auf eine gewisse Platte gebracht werden kann und größere Schärfe und Tiefe des Randbildes erreicht wird. Der Landschaftsplanat (Fig. 42) besitzt große Tiefe und größeren Gesichtsfeldwinkel und wird deshalb von Landschaftsphotographen häufig verwendet. In den sogen. „kombinierten Objektivsätzen“ spielt diese Kombination eine Hauptrolle.

Bei demselben sind die Linsen einander sehr genähert, mehr als beim Aplanat. Er besitzt Zentralblenden und hat mit größter wirksamer Öffnung nur etwa $\frac{1}{5}$ der Helligkeit des gewöhnlichen Aplanates.

Die kleineren Nummern der Landschaftsplanate fanden häufig zu Detektivkameras Verwendung, da sie bei Aufnahmen im Freien bei gutem Lichte noch hinlänglich lichtstark sind und ausgedehntere scharfe Bilder als der Aplanat geben.

C. Der Weitwinkelplanat für Landschaften

hat $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{25}$ seiner Brennweite als wirksame Öffnung. Durch Verminderung der Helligkeit (fast $\frac{1}{10}$ gegenüber dem Aplanat) ist Tiefe und Bildgröße bedeutend vermehrt. Das Instrument umfaßt einen großen Winkel und bietet bei Landschaftsaufnahmen bei guter Beleuchtung großen Vorteil. Im allgemeinen soll man es nur benutzen, wenn ein sehr großer Bildwinkel verlangt ist, so daß auf eine gegebene Platte ein möglichst umfassendes Bild einer Landschaft kommen soll; man beachte, daß die Exposition wesentlich länger, als die des Landschaftsplanates ist. Für Interieuraufnahmen ist er sehr geeignet, weil er bei geringer Aufstelldistanz große Bilder gibt. Das Instrument hat sehr kleine Linsen; es besitzt Rotationsblenden, zu deren Befestigung die Fassung erweitert ist und die sich um b (Fig. 43) drehen; der Gesichtsfeldwinkel beträgt über 104 Grad. — Es war das erste vollkommene Weitwinkelobjektiv, welches für photographische Zwecke konstruiert wurde und wird noch sehr häufig verwendet, da es bei kurzen Aufstellständen sehr gute Dienste leistet.

D. Der Weitwinkelplanat für Reproduktionen

ragt ebenso durch Deutlichkeit wie durch gleichmäßige Helligkeit hervor. Er ist ebenso lichtschwach wie der Weitwinkelplanat für Landschaften, aber übertrifft dieses Instrument an Schärfe, wenn eine zu reproduzierende Zeichnung dem Objektiv so nahe gerückt wird, daß es in gleicher Größe oder darüber erscheint, weshalb er besonders zur Vielfältigung von großen Karten usw. benützt wird. Dagegen hat dieses

Objektiv eine geringe Tiefe der Schärfe, so daß es sich nicht so gut zur Aufnahme von Landschaften (wo die Schärfe auf Vorder- und Hintergrund gleichmäßig verteilt sein muß) eignet (Fig. 44). Wegen

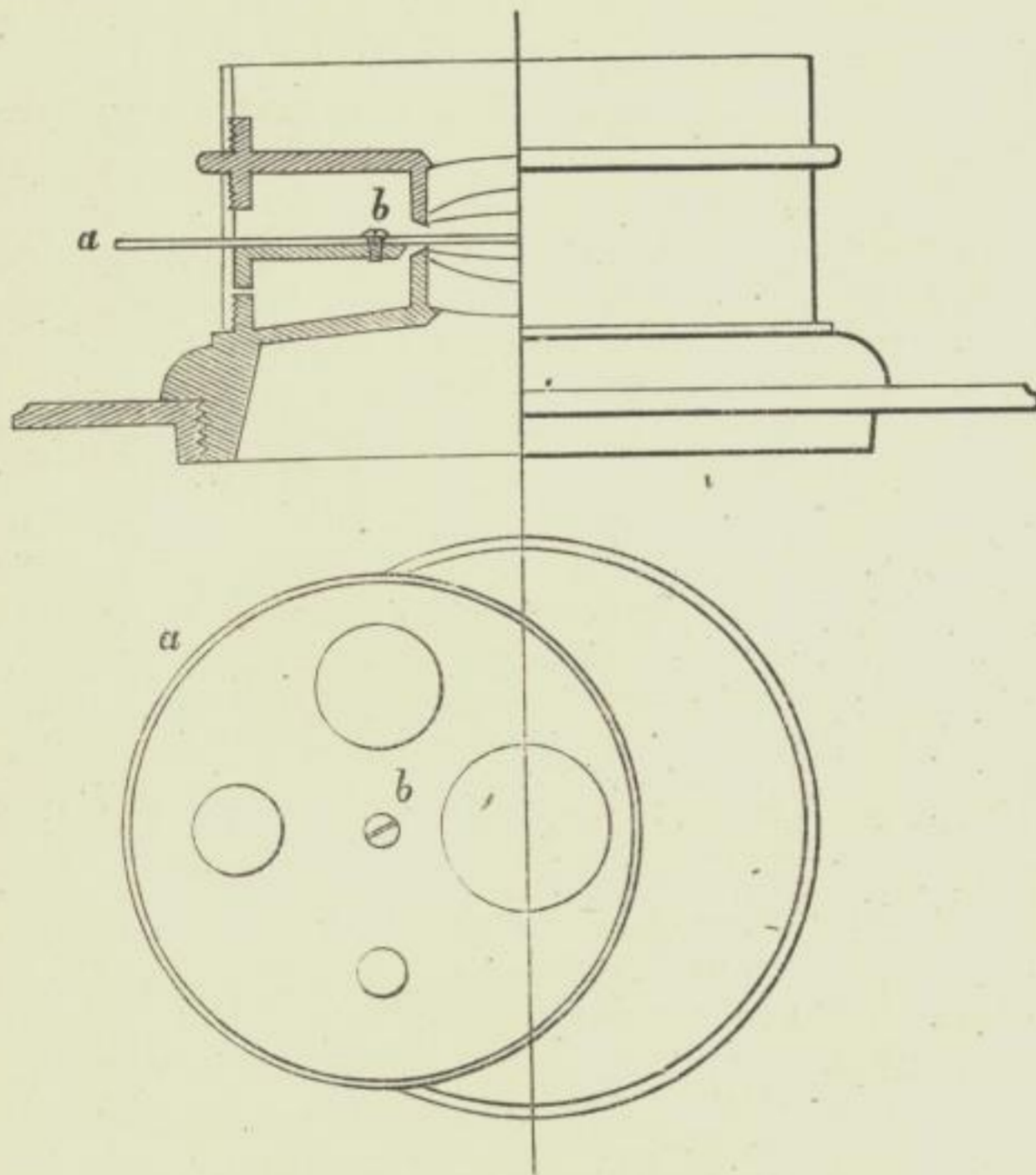


Fig. 43. Steinheils Weitwinkelaplanat für Landschaften mit Rotationsblenden. $f = 240$ mm.

Wirksame Öffnung 5,625 mm
 Brennweite . . . 100 „
 Brechungskoeffizient: $n_d = 1,57762$
 $n_{d'} = 1,61317$
 $\frac{d_{n'}}{d_n} = 1,1895$

Krümmungsradius: $e_0 = +14,48$ mm } Ordin. Flint $d_1 = 1,21$ mm
 $e_2 = +6,52$ „ } Leicht Flint $d_3 = 0,83$ „
 $e_4 = -17,26$ „ } Abstand $d_5 = 1,67$ „
 $e_6 = -17,26$ „ } Leicht Flint $d_7 = 0,83$ „
 $e_8 = +6,52$ „ } Ordin. Flint $d_9 = 1,21$ „
 $e_{10} = +14,48$ „ }

der kleinen, einander sehr nahe stehenden Linsen sind zur Umkehrung der Bilder verhältnismäßig kleine Prismen nötig. Zwischen den Linsen befindet sich ein Ring, so daß man auch ohne Blende den Apparat

niemals mit voller Öffnung benutzen kann. Dieses Objektiv ist für Reproduktionsanstalten, welche Strichzeichnungen in großen Formaten aufzunehmen haben, fast unentbehrlich.

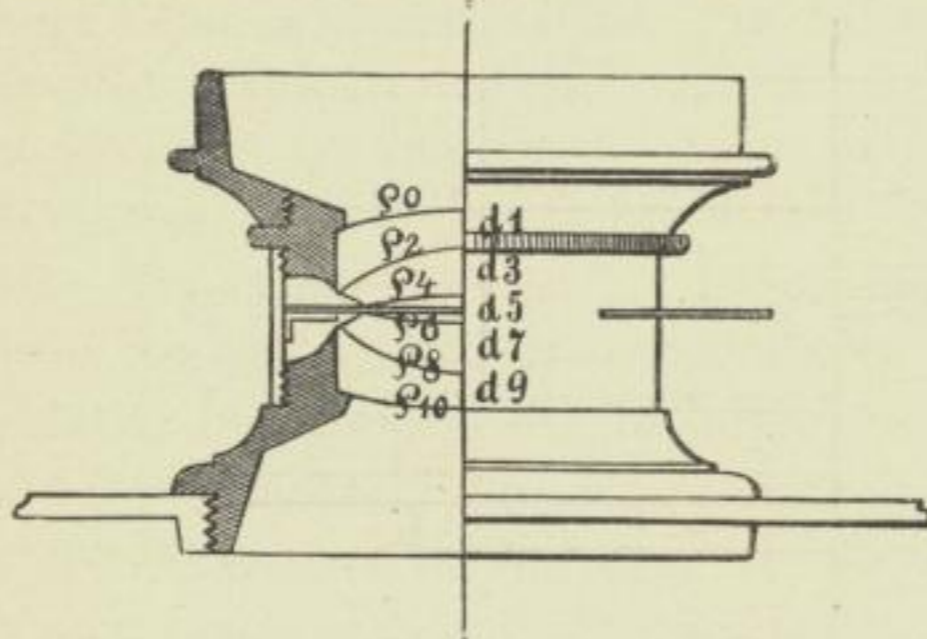


Fig. 44.

Steinheils Weitwinkelaplanat für Reproduktion. $f=240$ mm.

Wirksame Öffnung 5,42 mm
 Brennweite . . . 100 „
 Brechungskoeffizient: $n_d = 1,57762$
 $n_{d'} = 1,61317$
 $\frac{n_{d'}}{n_d} = 1,1895.$

Krümmungsradius: $r_0 = \pm 13,93$ mm } Ordin. Flint $d_1 = 1,15$ mm
 $r_2 = + 6,22$ „ } Leicht Flint $d_3 = 1,52$ „
 $r_4 = - 16,25$ „ } Abstand $d_5 = 0,72$ „
 $r_6 = - 16,25$ „ } Leicht Flint $d_7 = 1,52$ „
 $r_8 = \pm 6,22$ „ } Ordin. Flint $d_9 = 1,15$ „
 $r_{10} = + 13,93$ „ }

Um die Schärfe aufs Höchste zu steigern, wurden die Aplanate für Reproduktion seit dem Jahre 1887 statt aus je zwei, aus je drei verkitteten Linsen ausgeführt (s. Fig. 45).

E. Der Porträtaplanat

wurde nicht lange erzeugt, da er durch den Antiplanet ersetzt wurde.

Die Idee, ein Porträtobjektiv zu konstruieren, welches zwei verkittete Linsenpaare besitzt und somit nur vier Brechungen von Luft in Glas hat, während die gewöhnlichen bei den bis dahin konstruierten Petzvalschen nur ein verkittetes Linsenpaar und zwei getrennt stehende Linsen besaßen, verwertete Adolph Steinheil praktisch. Er nahm unterm 25. Januar 1874 ein bayrisches Patent darauf, welches er im März 1875 verbesserte, indem er etwas andere Glassorten, als sie den Angaben in jenem Patente zugrunde lagen, verwendete, wodurch ein besserer Effekt in bezug auf Deutlichkeit, Helligkeit und Ausdehnung des Bildes erreicht wurde.

Der Porträtaplanat Dr. Steinheils (nicht zu verwechseln mit dem gewöhnlichen Aplanat und dem Gruppenaplanat!!) gestattet die Anwendung einer wirksamen Öffnung, welche gleich ist dem dritten Teile der Brennweite und gibt hierbei ganz deutliche, vollkommen korrekt gezeichnete Bilder. Während bei den Petzval-



Fig. 45.

schen Porträtobjektiven 6 Brechungen des Lichtes von Luft in Glas sind, haben die Steinheilschen (ähnlich wie die später von Voigtländer konstruierten Objektive mit der neuen Patenthinterlinse) nur 4, somit weniger Lichtverlust und viel weniger, durch nur zweimalige Spiegelung in der Richtung gegen das Bild weitergehendes falsches Licht, weshalb die Porträtaplanate klarere Bilder geben und stärkere Beleuchtung der aufzunehmenden Objekte ertragen sollten. — Es ist charakteristisch, daß der Porträtaplanat aus Crown- und Flintglas zusammengesetzt ist.

Nachfolgendes sind die Glassorten, welche zu diesem Objektiv benutzt wurden:

Brechungskoeffizient für	Crown- und Flintglas	Flintglas
Optischer Strahl (gelbes Licht)	1,51468	1,57486
Chemischer Strahl (violett Licht)	1,53049	1,60015

Die beiden Linsensysteme, aus welchen der Apparat besteht, wurden gleich groß gemacht und die Dimensionen für ein Instrument von 12 Zoll wahrer Brennweite waren folgende:

Wirksame Öffnung des Objectives: 4 Zoll = 48 Linien.

Vorderlinse:

- | | |
|--|--|
| 1. Krümmungshalbmesser (r_1) = + 72,41 (erhaben) | } Flintglas; Mittendicke 2,88 |
| 2. " (r_2) = - 35, 02 (hohl) | |
| 3. " (r_3) = + 35, 02 (erhaben) | } Crown- und Flintglas; Mittendicke 7,25 |
| 4. " (r_4) = - 209, 36 (hohl) | |

Hinterlinse:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 5. Krümmungshalbmesser (r_5) = + 384,1 (erhaben) | } Crown- und Flintglas; Mittendicke 9 |
| 6. " (r_6) = + 35, 02 (erhaben) | |
| 7. " (r_7) = - 35, 02 (hohl) | } Flintglas; Mittendicke 2,88 |
| 8. " (r_8) = + 101, 8 (erhaben) | |

Linsenabstand = 78,7.

Von dem gewöhnlichen Aplanat, dem Landschafts- und Weitwinkelaplanat Steinheils unterscheidet sich der Porträtaplanat dadurch, daß er die Vorder- und Hinterlinse nicht symmetrisch hat, was aber beim Gruppenaplanat nicht der Fall ist.

Als besonderes Charakteristikum des Porträtaplanaten gibt Steinheil in der Patentschrift das gleichzeitige Vorhandensein der folgenden sechs Punkte:

1. Die zwei achromatischen Linsensysteme, aus denen der Apparat besteht, sind beide verkittet.

2. Diese beiden achromatischen Linsensysteme stehen miteinander in einem Abstände, welcher größer ist, als die Hälfte der wahren Brennweite des ganzen Objectives.

3. Die Flächen r_1 und r_8 sind erhaben, r_1 mit einem kürzeren Halbmesser als r_8 .

4. Die Flächen r_2 und r_6 (sowie r_3 und r_7) haben gleiche oder nahezu gleiche Halbmesser.

5. Die Fläche r_4 ist mit einem kürzeren Halbmesser hohl als derjenige, mit welchem die Fläche r_6 erhaben ist.

6. Die beiden außen liegenden Linsen sind aus stärker brechender, die beiden innen liegenden aus der schwächer brechender Glassorte.

Die Porträtaplanate Steinheils hatten aber gegenüber den Petzvalschen Porträtobjektiven nicht die gewünschten Vorzüge.

F. Der Gruppenaplanat

wurde nicht lange erzeugt, da die Antiplanete an dessen Stelle gesetzt wurden.

Im Jahre 1879 konstruierte Steinheil den Gruppenaplanat, welcher lichtstärker als der gewöhnliche Aplanat war, sich vortrefflich zu Momentaufnahmen im

Freien eignete, 'da er scharf und tief zeichnete. Er wurde in Deutschland patentiert (D. R. P. Nr. 6189 im Jahre 1879). Der Gruppenaplanat hatte einen Gesichtsfeldwinkel von zirka 70 Grad; die Helligkeit war $1\frac{3}{4}$ mal größer, als beim gewöhnlichen Aplanat.

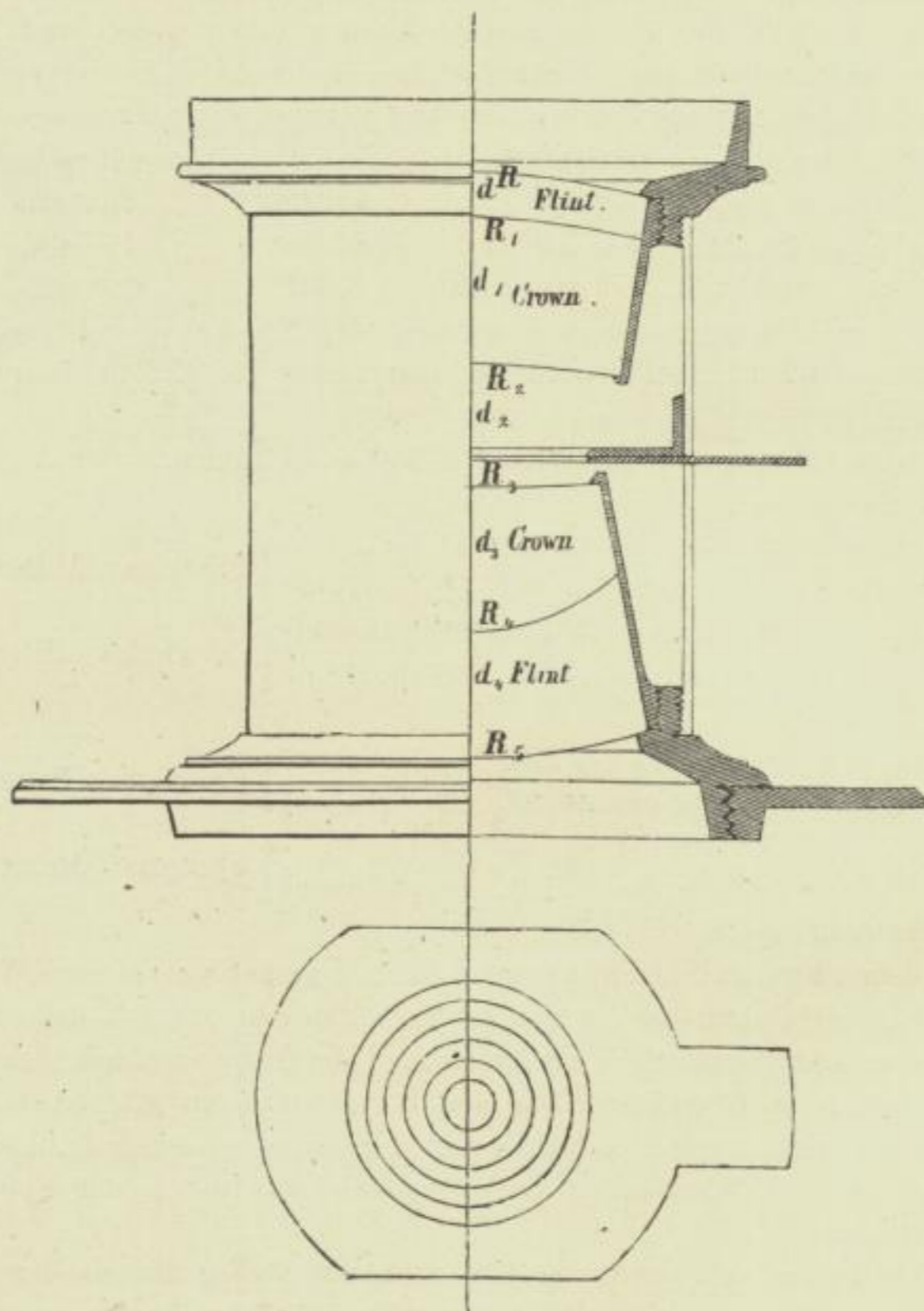


Fig. 46. Steinheils Gruppenaplanat.

Die verwendeten Glassorten waren:

	Crown	Flint
Brechung für gelbe Strahlen	= 1,51705	1,57762
Brechung für violette Strahlen	= 1,53250	1,60262.

Die nötigen Elemente, um das Instrument bei einer Öffnung von 20,7 mm bei einer Brennweite von 100 mm anzufertigen, waren folgende:

$d = 2,87$ mm	$\left\{ \begin{array}{l} R = \pm 40,30 \text{ mm} \\ R_1 = + 38,40 \text{ " } \end{array} \right\}$ Flint	} Vorderlinse.
$d_1 = 9,20$ "	$\left\{ R_2 = - 57,92 \text{ " } \right\}$ Crown	
$d_2 =$ Abstand der beiden Linsenkombinationen	$= 7,47$ mm.	
$d_3 = 9,20$ mm	$\left\{ \begin{array}{l} R_3 = - 69,40 \text{ mm} \\ R_4 = \pm 12,93 \text{ " } \end{array} \right\}$ Crown	} Hinterlinse.
$d_4 = 8,05$ "	$\left\{ R_5 = + 33,22 \text{ " } \right\}$ Flint	

Das Objektiv Fig. 46 war zur photographischen Aufnahme von Gruppen, auch von Porträts und Landschaften bestimmt. Die Konstruktion gestattete bei sonst gleichen Verhältnissen nur etwa halbe Expositionszeit von den Aplanaten.

Die Zeichnung zeigt das Instrument teils im Durchschnitt, teils in der Ansicht, auch ist aus derselben ersichtlich, daß die Linsen bedeutend konisch waren, wobei als wesentlich zu bezeichnen ist, daß die wirksame Öffnung der inneren Flächen R_2 und R_3 eine kleinere war, als die der äußeren Flächen R und R_5 .

Bei diesen Instrumenten ist es von Nachteil, daß sie so dick im Glase sind, was sie nicht nur schwer macht, sondern bei der Herstellung größerer Sorten große Schwierigkeiten bietet. Deshalb ging Steinheil von dieser Konstruktion zu der antiplanetischen über (s. Gruppenantiplanet).

III. Voigtländers Euryskope.

Die Voigtländerschen Euryskope gehören zu dem Typus der Aplanate (s. S. 55); sie sind symmetrische Doppelobjektive, welche anfangs von Voigtländer (im Jahre 1878) zunächst zu Gruppenaufnahmen und Reproduktionen mit der Helligkeit $\frac{f}{6}$ konstruiert wurden und etwas heller als die damals erzeugten Aplanate waren. Er nannte diese Objektive „Euryskope“; sie hatten einen Gesichtsfeldwinkel von beiläufig 70—80 Grad.

Die Dimensionen des damals erzeugten Euryskopes, auf die wahre Brennweite 100 mm reduziert, verglichen mit dem Aplanate sind die folgenden:

Euryskop	Aplanat
$R_1 = R_6 = 25,2$	$R_1 = R_6 = 25,06$
$R_2 = R_5 = 10,62$	$R_2 = R_5 = 10,37$
$R_3 = R_4 = 32,2$	$R_3 = R_4 = 33,46$
Distanz beider Linsen zirka 19,8.	Distanz beider Linsen = 15,4.

In der Folge konstruierte Ritter von Voigtländer auch Landschaftseuryskope, Weitwinkeleuryskope usw. mit größerem Gesichtsfeldwinkel und geringerer Helligkeit und andererseits seit 1886 sog. „Porträteuryskope“, welche eine große Helligkeit besitzen und als Ersatz für die Porträtobjektive (Petzvals System) mittlerer Helligkeit dienten.

Die Konstruktionen und Eigenschaften der verschiedenen Sorten von Euryskopen sind die nachstehenden:

Porträteuryskope.

1. Lichtstarke Porträteuryskope II.

Verhältnis der Öffnung zur Brennweite = 1 : 4. Gesichtsfeldwinkel 53 Grad.

2. Porträteuryskope mit größerem Gesichtsfeld III.

Verhältnis der Öffnung zur Brennweite = $1 : 4\frac{1}{2}$. Gesichtsfeldwinkel 56 Grad. (Fig. 47.)

Diese Objektive besaßen von allen Porträtobjektiven den größten Gesichtsfeldwinkel und ermöglichten daher die Aufnahme von Gruppen in beschränkten Ateliers, wo die gewöhnlichen Euryskope der langen Brennweite halber nicht mehr zur Anwendung gelangen können und füllten infolge dieser Eigenschaft eine bisher bestandene Lücke in der Reihe der photographischen Objektive aus. Die kleineren Nummern von 1 A bis 4 A sind für die schnellsten Augenblicksaufnahmen sehr geeignet.

Dieselben unterscheiden sich von allen anderen Porträtobjektiven durch ihre vollkommene symmetrische Form (Fig. 47). Sie sind aus zwei absolut gleichen achromatischen, verkitteten Linsenpaaren zusammengesetzt.

Die Brechungszeiger der Gläser sind entsprechend $n_D = 1,60$ bez. $1,626$ und $1,545$. Die Krümmungen stehen im Verhältnis von $2,25 : 1 : 4,9$. Die Blenden sind so abgestuft, daß die Belichtungszeiten sich verhalten wie $1 : 2 : 4 : 7 : 11$.

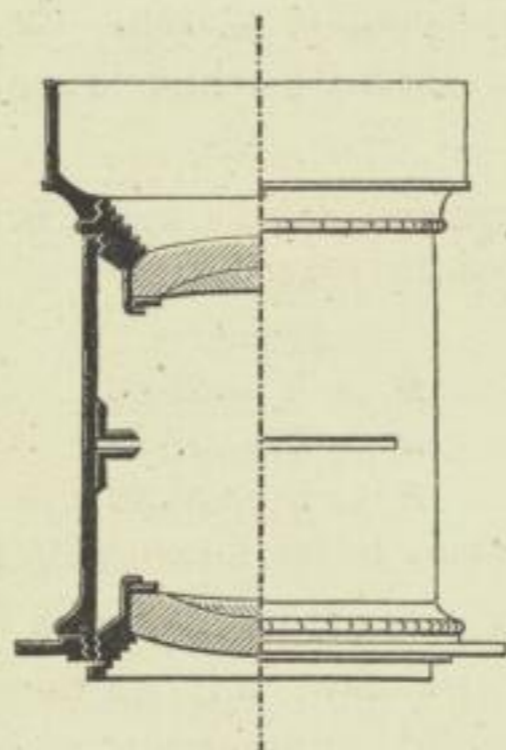


Fig. 47. Porträteuryskop.

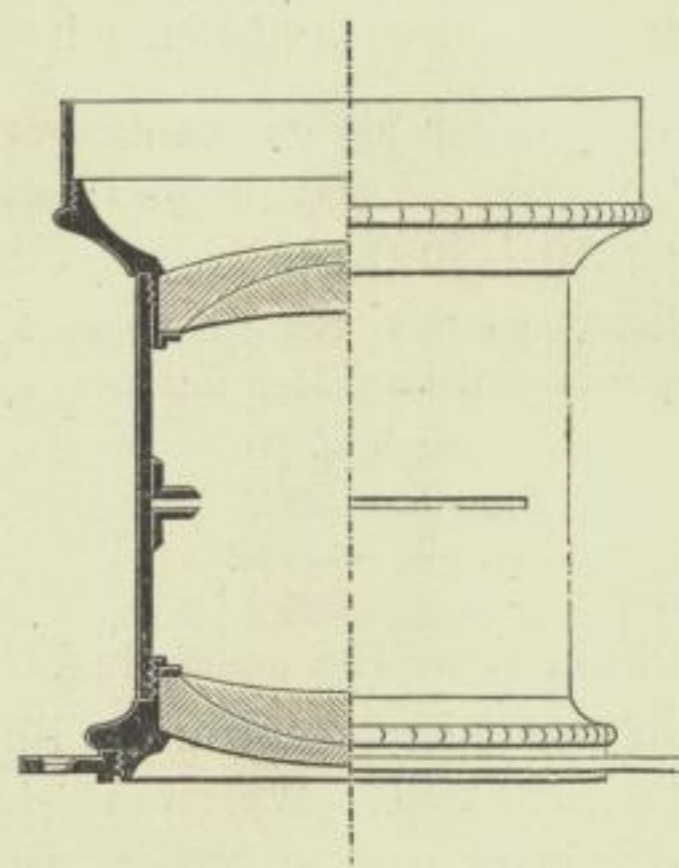


Fig. 48. Euryskop (IV).

3. Euryskope IV.

Objektive zur Aufnahme von Gruppen und Landschaften. Verhältnis der Öffnung zur Brennweite = $1 : 5,6$. Gesichtsfeldwinkel 70 Grad.

Diese Instrumente sind wegen ihres günstigen Öffnungsverhältnisses und der dadurch bedingten verhältnismäßig großen Lichtstärke, Tiefe und des großen Gesichtsfeldes allgemein sehr beliebt.

Diese vorzüglichen Eigenschaften sind neuerdings durch die Einführung der Jenenser Spezialgläser (wie oben erwähnt) bedeutend erhöht worden, insbesondere die Lichtstärke (durch die größere Durchlässigkeit der Gläser), die Ebenheit und Größe des Gesichtsfeldes,

sowie die Schärfe der Zeichnung, so daß diese Instrumente sich dem Ziel der allgemeinsten Verwendbarkeit noch sehr wesentlich genähert haben.

Infolge dieser günstigen Eigenschaften sind sie besonders zur Aufnahme von Gruppen im Atelier und zu Landschaftsaufnahmen geeignet, wozu der Bildwinkel von mehr als 70 Grad vollständig ausreicht. Ihre Lichtstärke ist eine so große, daß sie zu den schnellsten Augenblicksaufnahmen im Freien und unter Anwendung von Trockenplatten selbst für gewöhnliche Porträtzwecke im Atelier vielfach Verwendung finden, da sie in diesem Falle keiner Abblendung bedürfen. Besonders dienen die größeren Nummern zur Aufnahme von großen Köpfen, weil sie eine Tiefe der Schärfe liefern, die von keinem Porträtobjektiv erreicht wird.

Die Form (Fig. 48) ist vollkommen symmetrisch, aus zwei gleichen verkitteten Linsenpaaren bestehend. Die Glasarten sind so gewählt, daß die Linsenpaare unter Beibehaltung einer möglichst kurzen Brennweite eine große Annäherung gestatten; auf diese Weise wurde das Gesichtsfeld bis über 70 Grad erweitert. Die Brechungszeiger der Gläser sind $n_D = 1,565$ und $1,507$. Die Krümmungen verhalten sich wie $2,3 : 1 : 3,3$. Die Blenden sind so abgestuft, daß das Verhältnis der entsprechenden Belichtungszeiten ist: $1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 32$.

4. Rapid-Weitwinkeleuryskope V.

Neue Konstruktion. Objektive zur Aufnahme von Gruppen. Verhältnis der Öffnung zur Brennweite = $1 : 6$. Gesichtswinkel 80 Grad. (Fig. 49).

Infolge der besonderen Eigenschaften der Jenenser Spezialgläser ist es gelungen, Objektive von beinahe gleicher Lichtstärke wie die Euryskope IV herzustellen, welche aber noch einen weit größeren Bildwinkel besitzen. Für Gruppenaufnahmen sind sie von großem Wert, wenn die Kürze des Ateliers nicht gestattet, Instrumente von längerer Brennweite wie die Euryskope IV anzuwenden, weil sie bei gleicher Brennweite eine größere Platte liefern als jene, d. h. mehr Gegenstände ins Bild aufnehmen.

Die kleineren Nummern fanden eine ausgebreitete Verwendung für Amateurzwecke.

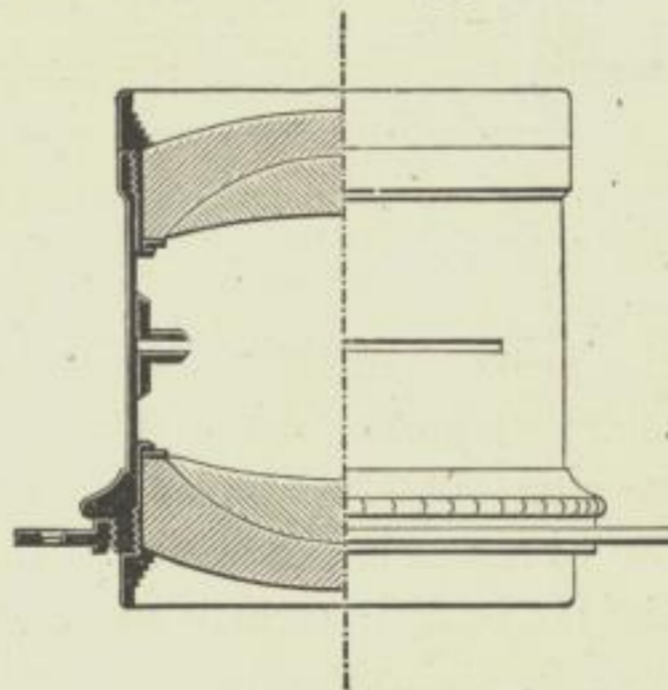


Fig. 49. Rapid-Weitwinkeleuryskop (V).

Durch sorgfältige Wahl aus den neuen Spezialgläsern von Jena und vermöge der Einführung der Glasdicken als Rechenelement wurden bei diesen Konstruktionen manche Vorteile erreicht, insbesondere der des größeren Gesichtsfeldes bei gleichbleibender größter Öffnung von $\frac{f}{6}$. Die Gläser sind die denkbar leichtesten von der Brechung 1,56 und 1,505. Die Krümmungshalbmesser stehen im Verhältnis 2,09 : 1 : 3. Nr. 1 von 18'' = 40 mm Öffnung hat eine Brennweite von 237 und einen Gesichtsfelddurchmesser von 420 mm. Demnach ist der Winkel 83 Grad und die größte Öffnung $\frac{f}{6}$.

5. Euryskope mit größerem Gesichtsfeld VI.

Objektive zur Aufnahme von Landschaften und Reproduktionen. Verhältnis der Öffnung zur Brennweite = $1 : 7\frac{3}{4}$. Gesichtsfeldwinkel 80 Grad.

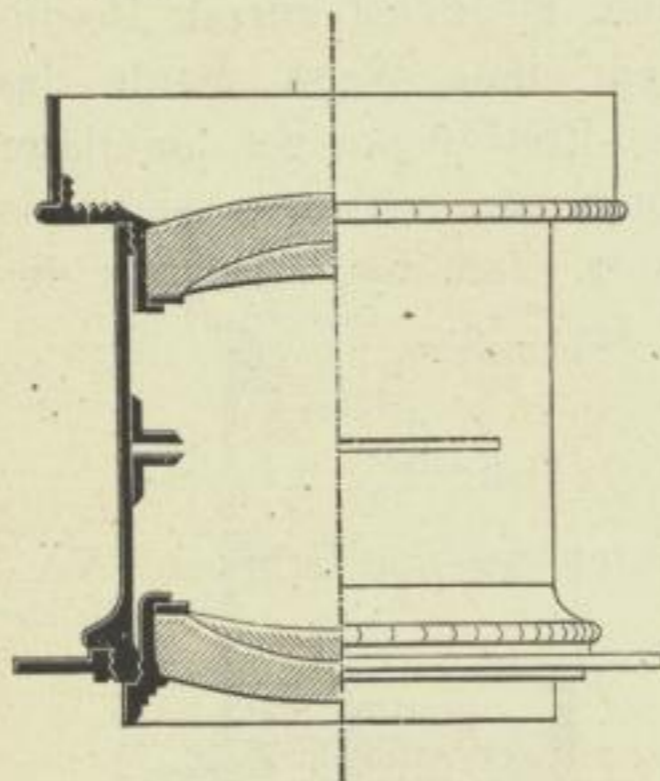


Fig. 50. Euryskop mit größerem Gesichtsfeldwinkel (VI).

In Fällen, wo die Lichtstärke weniger in Betracht kommt, dagegen auf große Tiefe, namentlich auf größeren Bildwinkel Wert gelegt wird, also vornehmlich bei Aufnahmen im Freien, sind die nachstehend verzeichneten Euryskope die geeignetsten Objektive und empfehlen sich dieselben auf Grund obiger Eigenschaften vorzüglich zu Aufnahmen von Landschaften und Reproduktionen. (Fig. 50.)

Die größeren Nummern können auch zu Aufnahmen von Gruppen im Freien verwendet werden.

Diese Objektive sind von ähnlicher symmetrischer Form wie die Euryskope IV. Auch die Gläser sind von demselben Typus, nur daß sie eine längere Brennweite ergeben und eine noch größere Annäherung der Linsenpaare gestatten. Das Gesichtsfeld wird dadurch weiter (bis auf 80 Grad) ausgedehnt und ebener. Die Krümmungen sind weit stärker, sie verhalten sich wie 1,98 : 1 : 2,8.

6. Weitwinkeleurysskope VII.

Zur Aufnahme von Landschaften, Innenräumen und für Reproduktionen. Verhältnis der Öffnung zur Brennweite = $1 : 11$. Gesichtsfeldwinkel 93 Grad. (Fig. 51.)

Unter Umständen, besonders für genannte Zwecke, ist es oft unvermeidlich, Aufnahmen von einer sehr kurzen Entfernung aus zu machen, und müssen hierzu Objektive mit sehr großem Bildwinkel angewendet werden. Diesen Zweck erfüllen die Weitwinkleuryskope, welche einen außerordentlich großen Bildwinkel umfassen, und daher Gegenstände, welche bei den gewöhnlichen Euryskopen schon gar nicht mehr ins Bild fallen würden, noch vollkommen darin aufnehmen. Aus dem gleichen Grunde eignen sie sich vorzüglich zur Aufnahme von Innenräumen und zu allen Arten von Reproduktionen. Bei dieser Gattung von Objektiven insbesondere sind die neuen Spezialgläser von Jena mit größtem Vorteil zur Verwendung gekommen. Der außerordentlich große Bildwinkel ist hierbei bei einer völlig aplanatischen Form erreicht, denn das Objektiv arbeitet mit voller Öffnung; ferner ist das Bildfeld eben, und die Schärfe ausgezeichnet, bei mäßigen Krümmungen der brechenden Flächen, was wieder eine gleichmäßige

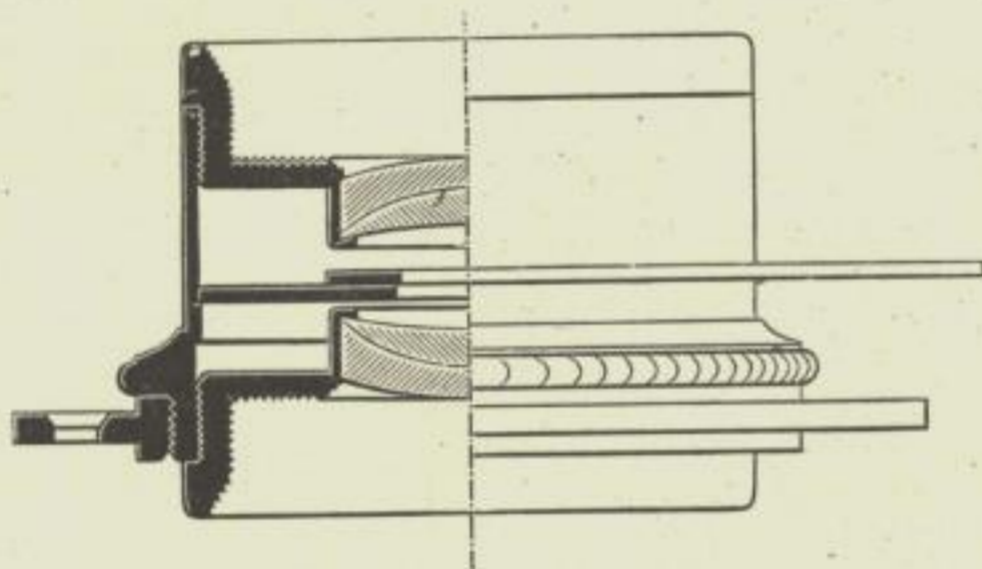


Fig. 51. Weitwinkleuryskop (VII).

Lichtverteilung und eine richtige Perspektive bedingt. Die Objektive dieser Abteilung sind, mit Ausnahme von Nr. 7, mit Drehblenden versehen, und ist deren Fassung so eingerichtet, daß sich alle sieben Größen in ein und denselben Kameraring schrauben, was auf Reisen von Vorteil ist; sie sind außerdem so handlich, daß sie leicht in der Tasche getragen werden können.

Diese Objektive sind vollständig symmetrisch gebildet. Durch die Wahl zweier Gläser von sehr geringer Zerstreuung und die Brechungszeiger 1,56 und 1,512 und die geeignete Wahl der Glasdicken wurde es ermöglicht, die Linsenhälften sehr nahe aneinander zu bringen und dadurch das Bildfeld auszudehnen. Die Krümmungshalbmesser stehen im Verhältnis von etwa 1,95:1:2,92. Nr. 3 hat eine Öffnung von 15 mm, Brennweite 168 mm; Durchmesser des Gesichtsfeldes ist 380 mm, also ist der Gesichtsfeldwinkel 97 Grad. Die größte Öffnung ist $\frac{f}{11,2}$.

7. Weitwinkleuryskope für Reproduktionen VIII.

Verhältnis der Öffnung zur Brennweite = 1:14. Gesichtsfeldwinkel über 80 Grad. (Fig. 52.)

Diese großen Weitwinkeleuryskope sind hauptsächlich zu Reproduktionen bestimmt, es ist bei denselben das Hauptgewicht auf die Ebenheit und Schärfe des Bildes, weniger auf den Bildwinkel gelegt.

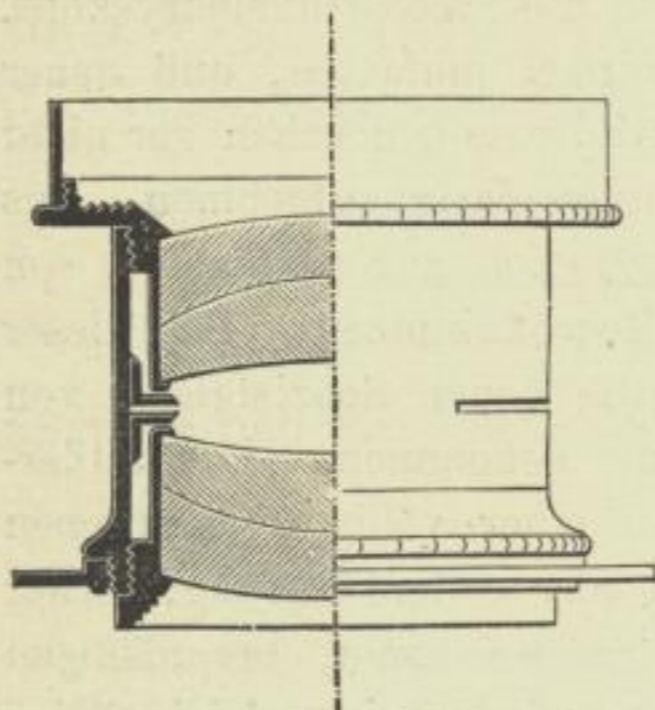


Fig. 52.

Weitwinkeleuryskop für Reproduktionen.

Die Weitwinkeleuryskope VIII sind aus zwei ungleichen Hälften von derselben Brennweite zusammengesetzt. Jede Hälfte besteht aus zwei verkitteten Linsenpaaren von übereinstimmender Form und nahezu gleichen Krümmungen; jedoch sind die Glasarten der vorderen Kombination ganz andere als die der hinteren. Jene besteht aus Gläsern von hoher, diese aus Gläsern von sehr geringer zerstreuer Kraft. Es ist dadurch Verzeichnung und Astigmatismus gebessert und die größte Ebenheit des Bildfeldes erreicht. — Die Glasdicken sind sehr bedeutend, z. B. ist bei Nr. 11 jedes Glas in der Mitte 13 mm dick. Die Krümmungen stehen bei beiden Hälften im Verhältnis von annähernd 2,1:1:2,6.

IV. Dr. Hartnacks Pantoskop und Anastigmat.

A. Das Pantoskop von Dr. Hartnack in Potsdam.

Dieses symmetrische Objektiv wurde von Dr. Miethe im Jahre

1889 berechnet und zwar wurden hierbei unter Beibehaltung der symmetrischen Form durch passende Auswahl unter den in Jena fabrizierten Glasarten folgende Ziele verfolgt:

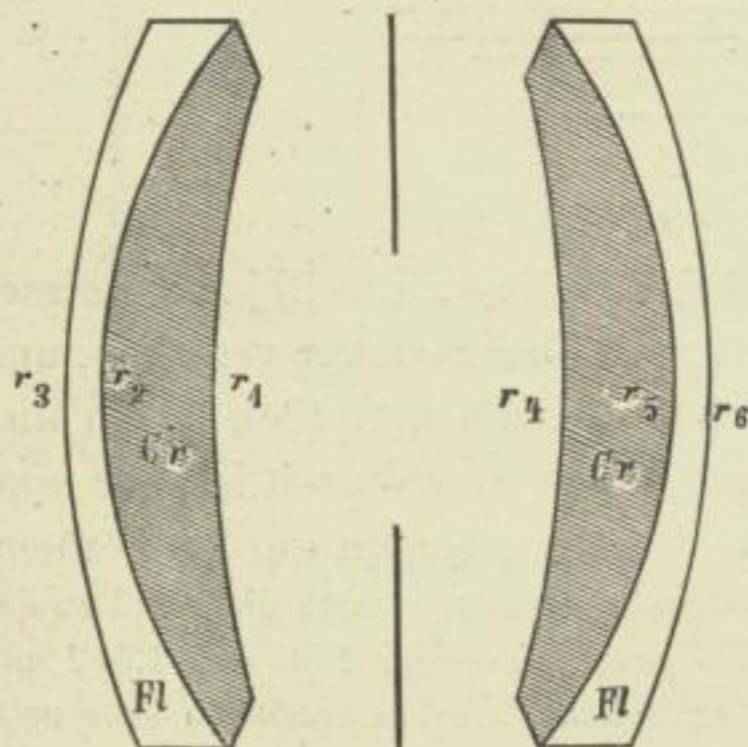


Fig. 53. Hartnacks Pantoskop.

den gewöhnlichen für aplanatische Konstruktionen angewendeten Glaspaaren genügt werden, wobei die Distanz der Komponenten wesentlich vergrößert werden mußte. Dies zog wieder eine Vergrößerung der Linsendurchmesser nach sich.

Als Beispiel der Hartnackschen Objektivtypen mag das Pantoskop gelten. Seine Daten sind folgende:

1. Möglichste Verringerung des Astigmatismus heteronomer Strahlenbüschel bei ebenem Bildfeld,
2. Freiheit von Spiegelflecken,
3. Dünnheit der Linsen,
4. flache Krümmungen.

Diesen Forderungen konnte nur durch erhebliche Abweichung von

Positivlinse: $n=1,510, n_{G'} - n_D = 0,01005$

Negativlinse: $N=1,572, N_{G'} - N_D = 0,01463$.

Daten für $f=100$	{	$r_1 = +31,4$	Dicke der Crownlinse 2,5	
		$r_2 = +14,3$		" " Flintlinse 0,9
		$r_3 = +22,3$		
	Linsendurchmesser, Flint 16,4			
	{	$r_4 = -22,3$	Distanz von Linsenpol zu Linsenpol 15,0	
		$r_5 = -14,3$		Größte Öffnung 7,14.
$r_6 = -31,4$				

Die Flachheit dieser Kurven zeigt sich recht evident aus vorstehender genauer Fig. 53 eines Pantoskopes von 280 mm Brennweite.

B. Der Anastigmat von Dr. Hartnack in Potsdam.

Die anastigmatischen Aplanate sind von Dr. Miethe im Jahre 1887 berechnet; bei ihrer Konstruktion wurde zum ersten Male der Versuch gemacht, durch geeignete Auswahl von Gläsern den Astigmatismus vollkommen aufzuheben, so daß also die Felder gleicher Schärfe für radiale und tangentielle Linien zusammenfallen. Wenn diese Bedingung streng erfüllt ist, so gibt das Instrument nach genügender Ebenung des Gesichtsfeldes eine selbst bei voller Öffnung bis zum Rande reichende Schärfe. Die Rechnung zeigte, daß man sich diesem Ideal beträchtlich mit Gläsern folgender Konstanten würde nähern können:

$$\text{Crown } n = 1,580, \frac{n-1}{n_D - n_G} = 66 = \nu,$$

$$\text{Flint } N = 1,55, \frac{N-1}{N_D - N_G} = 38 = \nu'.$$

Das Produktionsverzeichnis der optischen Glasschmelze von Schott und Gen. gewährt nun folgende Gläser von ähnlicher Konstante:

Nr. 3 Schweres Barium-Phosphat-Crown $n = 1,576, \nu = 65,2$

Nr. 29 Leichtes Silikat-Flint $N = 1,571, \nu' = 43,0$.

Unter der Bedingung, daß die Radien der Crownlinse sich wie 1:2,972 verhielten, mußten diese beiden Gläser eine fast vollständige Aufhebung des Astigmatismus bei Wahrung der symmetrischen Form geben.

Der Versuch erwies die Richtigkeit der Rechnung. Die hergestellten Instrumente waren anastigmatisch, doch war die Bildfeldkrümmung nicht vollständig aufhebbar; immerhin war bei diesen Instrumenten der scharfe Bildkreis wesentlich größer (50 Grad) als bei den früheren Aplanaten bei einer Öffnung von $\frac{f}{7,0}$. Als zur Fabrikation im größeren Maßstabe geschritten werden sollte, zeigte sich jedoch, daß die Jenenser Anstalt sich außer stande sah, das Cr. 3 in luftbeständiger

Qualität zu liefern. Die Linsen oxydierten sich schnell, so daß von der Herstellung aus Cr. 3 Abstand genommen werden mußte.

Setzte man für Cr. 3 das Glas Cr. 2 von folgender Konstante:

Cr. Nr. 2. Mittleres Phosphat-Crown: $n = 1,559$, $\nu = 66,9$,

so erhielt man in Verbindung mit Nr. 29 eine brauchbare Landschaftslinse mit sehr vermindertem Astigmatismus. Diese Linse, welche mit kleiner Blende 95 Grad scharf auszeichnete und wenig verzeichnete, wurde vielfach hergestellt und fand besonders für Detektivapparate, für die sie sich sehr gut eignete, Anwendung. Ihre Öffnung war $\frac{f}{12}$.

Später hat sich Schröder in London eine anastigmatische Konstruktion aus ähnlichen Gläsern in England patentieren lassen.

V. Aplanate von E. Suter.

Sehr gute Aplanate fertigt E. Suter in Basel an. Er teilt dieselben (gleichfalls wie Steinheil, Voigtländer usw.) in mehrere Gruppen, je nach der Helligkeit und dem Gesichtswinkel. Das Konstruktionsprinzip ist identisch mit den Steinheilschen Aplanaten.

Die Aplanate A haben eine wirksame Öffnung = $\frac{1}{6}$ der Brennweite und sind zu Momentbilder- und anderen Aufnahmen im Freien und Gruppen im Atelier sehr gut geeignet. — Die Aplanate B sind etwas lichtärmer (die Öffnung = $\frac{f}{8}$), aber immer noch hell genug für Aufnahmen von Gruppen, ja selbst Momentbildern, sowie zu Landschaften usw.; dieselben sind wegen der geringeren Linsenöffnung niedriger im Preise.

Die Weitwinkelaplanate C sind besonders für Monumente, Reproduktionen und Landschaften bestimmt und haben $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{40}$ der Brennweite als wirksame Öffnung. Der Bildwinkel ist 90 Grad. Sie geben ein vollkommen ebenes und korrektes Bild ohne Lichtfleck.

Seit 1889 stellt Suter Rapidaplanate aus neuen farblosen Jenenser Gläsern her. Durch die Verwendung dieser Glasarten, welche möglichst wenig Licht absorbieren, wurde eine erhöhte Helligkeit erzielt und es wurde durch geeignete Krümmungsverhältnisse die Brennweite im Verhältnis zur Öffnung möglichst niedrig genommen (nämlich $\frac{f}{5}$), um auch dadurch die Lichtstärke zu erhöhen, unbeschadet der gleichmäßigen Schärfe, Tiefe und Ebenheit des Bildes.

Der Rapidaplanat gibt für Aufnahmen von Porträts usw. im Atelier sehr gute Resultate.

VI. Goerz' Lynkeioskope und Paraplanate.

Angeregt durch die Bedürfnisse der sehr ausgebreiteten Amateurphotographie, sowie für Zwecke der Fachphotographen erzeugte C. P. Goerz in Berlin-Friedenau seit 1888 eine Reihe von Objektiven, welche vollkommen unter das System der Steinheilschen Aplanate fallen und sehr leistungsfähig sind. Diese Objektive, welche Goerz anfangs „Rektiplanate“, „Universalaplanate“, „Weitwinkelaplanate“ nannte, führen seit 1890 den Namen „Lynkeioskope“.

Ähnlich wie bei den Steinheilschen Aplanaten und Voigtländerschen Euryskopen sind verschiedene Serien konstruiert, welche sich durch verschiedene Lichtstärke, Gesichtsfeldwinkel usw. unterscheiden.

Extra-Rapidlynkeioskope sind Aplanatobjektive, bei welchen die freie Öffnung ungefähr den 5. bis 5,5. Teil der Brennweite ($\frac{f}{5}$ bis $\frac{f}{5,5}$) hat. Sie zeichnen korrekt und besitzen einen Bildwinkel

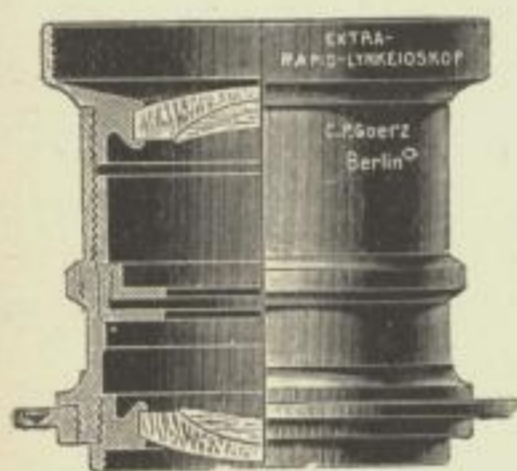


Fig. 54.
Extra - Rapidlynkeioskop.



Fig. 56. Rapidlynkeioskop für
Detektivkameras.

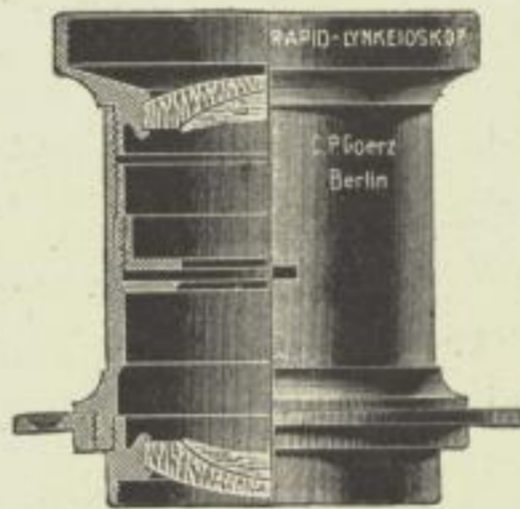


Fig. 55.
Extra - Rapidlynkeioskop.

von 70 Grad (Fig. 54). Sie werden besonders für Momentkameras angefertigt (z. B. Nr. 1) und eventuell mit Irisblende versehen.

Das Rapidlynkeioskop besitzt etwas kleinere Linsen und deshalb ist die Lichtstärke geringer ($\frac{f}{6}$ bis $\frac{f}{6,5}$) und der Bildwinkel kleiner als beim vorigen (82 Grad), s. Fig. 55.

Dieselben Linsen (Nr. 000 bis 0) in kleiner Fassung (Fig. 56) und mit einer fixen Blende auf $\frac{f}{10}$ abgeblendet, werden für kleine Detektivkameras verwendet.

Die Rapid-Weitwinkellynkeioskope besitzen bei noch etwas geringerer Lichtstärke ($\frac{f}{7}$ bis $\frac{f}{8}$) einen ziemlich großen Bildwinkel von 82 Grad. Da sie bei Anwendung kleiner Blenden ein ansehnliches

Plattenformat decken, so sind sie für gewöhnliche Momentaufnahmen und Reisekameras gut verwendbar (Fig. 57).

Die kleinen Nummern (000 bis 0) in Fassungen von Fig. 58 und mit Blenden $= \frac{f}{10}$ sind für Detektivkameras in der Regel besser als die vorigen verwendbar, weil das Bildfeld größer ist.

Die Weitwinkellynkeioskope haben eine wirksame Öffnung $= \frac{f}{15}$ und sind für Panoramen, Interieurs und Architekturen bei kurzer Aufstelldistanz bestimmt, welchem Zwecke sie sehr gut entsprechen, da



Fig. 57. Rapid-Weitwinkellynkeioskop.

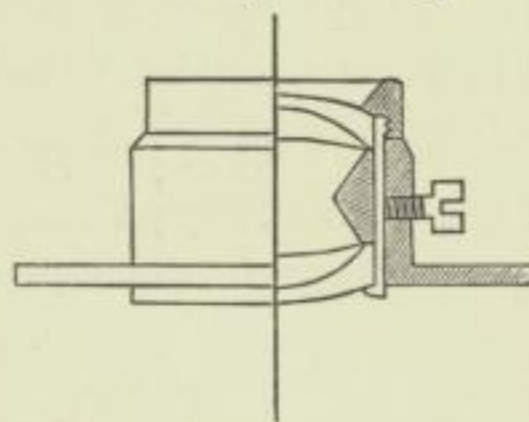


Fig. 58. Goerz' Detektivobjektiv. $f = 163$ mm.

sie einen Gesichtsfeldwinkel von beiläufig 105 Grad besitzen (siehe Fig. 59).

Auch die kleinen Detektivlynkeioskope schließen sich eng an die Steinheilschen Aplanatenkonstruktionen, wie aus den folgenden Zahlen eines derartigen Objectives von 100 mm Brennweite hervorgeht:

Öffnung = 7,36 mm, Brennweite = 100 mm.

$$\begin{array}{l} R = R_5 = + 11,45 \\ R_1 = R_4 = \mp 5,18 \\ R_2 = R_3 = - 14,64 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Glassorte } n' \\ \\ \text{Glassorte } n \end{array}$$

$$\begin{array}{l} d = d_4 = 0,61 \text{ mm} \\ d_1 = d_3 = 1,35 \text{ ,,} \\ d_2 = 4,97 \text{ ,,} \end{array}$$

Fig. 58 stellt ein solches Objektiv mit der Brennweite von 163 mm in natürlicher Größe dar.

Ferner fertigt Goerz Weitwinkel-Reproduktionslynkeioskope an, deren freie Öffnung $= \frac{f}{20}$ ist, und bei einem Bildwinkel von zirka 100 Grad sich für Kartenreproduktionen usw. eignen.

Unter dem Namen Rapidparaplanate erzeugt Goerz eine sehr zweckdienliche Form der Aplanate, welche bei der beiläufigen relativen Öffnung $\frac{f}{8}$ einen Gesichtsfeldwinkel von zirka 80 Grad haben (s. Fig. 60).

Da die Helligkeit für alle Zwecke der Amateurphotographie, selbst für Momentaufnahmen genügend lichtstark sind, so eignen sich derartige Instrumente (ähnlich wie analog konstruierte Aplanate, Rektilineare usw.), bei billigen Preisen, sehr gut namentlich für jene Amateurphotographen, welche mit einem Objektiv möglichst verschiedene Zwecke erreichen sollen.



Fig. 59. Weitwinkelykeoskop.

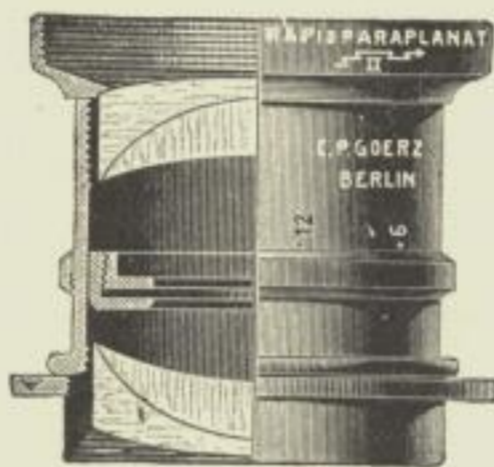


Fig. 60. Rapidparaplanat.

Die Konstruktion ist eine dem Steinheil-Aplanaten analoge. Die Radien sind folgende:

$$\begin{aligned} R &= R_5 = + 55,57 \\ R_1 &= - R_4 = - 24,93 \\ R_2 &= R_3 = - 71,68 \end{aligned} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Glassorte } n' \\ \text{Glassorte } n \end{array}$$

$$\begin{aligned} d &= d_4 = 2,8 \\ d_1 &= d_3 = 6,8 \\ d_5 &= 26,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Glassorten } n' &= 1,633 \\ n &= 1,592. \end{aligned}$$

VII. Den Aplanaten ähnliche Objektive.

Der ursprüngliche Steinheilsche Aplanat wird in allen Ländern vielfach nachgebildet und zwar unter verschiedenen Namen: so z. B. als „Objectif Aplanétique Orthopanactinique“, Globelens rapide, Euryscope rectilinéaire, Symmetrical Lens, Rectiscop, Auto-graph Lens usw.

Eine Anzahl von Objektiven, welche prinzipiell mit den Steinheilschen Aplanaten identisch sind, wurden bereits oben genannt.

A. Dallmeyers Rektilineare.

Die Rektilineare von Dallmeyer in London sind in Konstruktion und Leistungsfähigkeit den Steinheilschen Aplanaten ähnlich.

Das Weitwinkelrektilinear von Dallmeyer ist in den englischen Patentschriften vom 27. September 1866, Nr. 2502 beschrieben. Dieses Objektiv, welches einen großen Winkel umfaßt, ist charakterisiert dadurch, daß das dichtere oder

stärker brechende Medium, d. i. die Flintglaslinse, die äußere Stelle in beiden Kombinationen einnimmt; die konvexe Seite der Flintglaslinse der Vorderkombination ist der Landschaft usw. zugewendet und jene der Hinterkombination der Visierscheibe.¹⁾ Die Hinterlinse hat einen kleineren Durchmesser als die Vorderlinse.

Um einen Gesichtswinkel von ungefähr 100 Grad zu geben und für eine wirksame Linsenöffnung von $\frac{1}{15}$ der Brennweite ist die Konstruktion folgende:

Es werden zwei gleiche Kombinationen, *A* und *B*, mit ungefähr gleicher Brennweite gemacht und zwar so, daß deren Brennweite sich zu der Brennweite des ganzen Objektivs wie 2:1 verhält. Jede Kombination besteht aus einer tiefen konkav-konvexen Flintglaslinse *a* und *a'* und einem tiefen Crownglasmeniskus *b* und *b'*; das Verhältnis der Brennweite zwischen *a* und *b* und *a'* und *b'* ist je nach der Qualität des Glases so, daß die Kombination achromatisch wird. Der Durchmesser der Vorderlinse *A* ist $\frac{1}{5}$ des Fokus des Objektivs (also $= \frac{f}{5}$) und der Krümmungsradius von r^1 ist $\frac{f}{5}$. Der Krümmungsradius der konkaven Fläche r^4 der Crownglaslinse *b* verhält sich zu dem Radius von r^1 wie 4:3. Die inneren Flächen r^2 und r^3 sind identisch und ver-

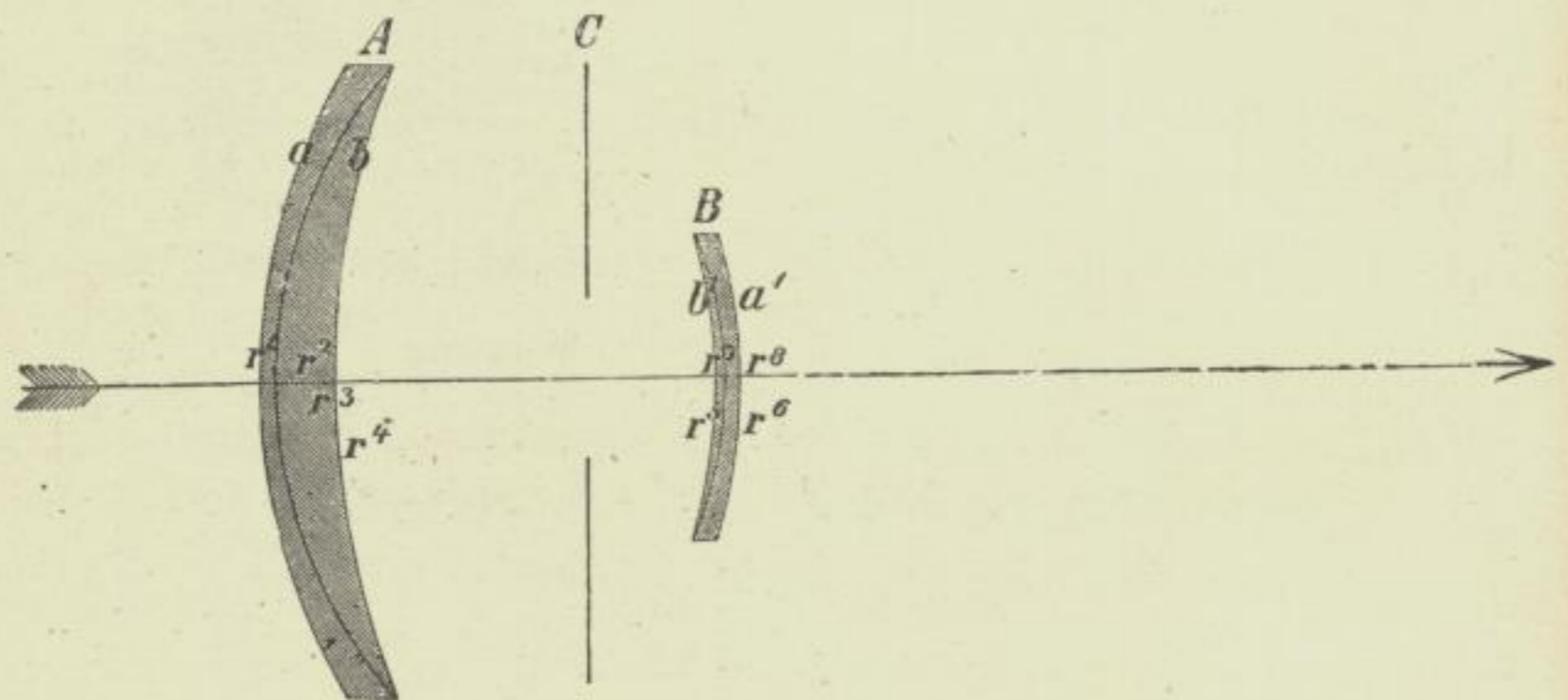


Fig. 61. Dallmeyers Weitwinkelretilinear.

kittet und derartig gewählt, daß die Kombination achromatisch ist. Der Durchmesser der Hinterlinse *B* verhält sich zu dem von *A* wie 1:2 und der Krümmungsradius der hinteren konvexen Fläche r^8 der Flintglaslinse *a'* verhält sich zu dem Radius von r^1 wie 7:6. Der Krümmungsradius der konkaven Fläche r^5 der Crownglaslinse *b'* verhält sich zu r^8 wie 4:3. Die Krümmungen r^7 und von r^6 sind identisch und verkittet und je nach der Art des Glases so gewählt, daß die Kombination achromatisch ist. Die Kombinationen *A* und *B* sind derartig voneinander entfernt, daß die Distanz der Innenflächen $\frac{1}{7}$ der Brennweite des ganzen Objektivs ist (Fig. 61).

Das Diaphragma (Blende) *c* ist derartig zwischen den Linsen angebracht, daß die Entfernungen von den Linsen deren Durchmesser entsprechen. Das Objektiv ist

1) Bekanntlich besteht bei der Kugellinse, Augenlinse, Pantoskop die äußere Fläche aus Crownglas, also umgekehrt als bei obiger Anordnung, welche Dallmeyer anwendete. Bei den Aplanaten von Steinheil und den Nachbildungen desselben befindet sich gleichfalls das stärker brechende Glas an der Außenseite.

frei von Distortion und umfaßt einen großen Gesichtswinkel. Es ist frei von einem zentralen Lichtfleck, hat weder für die zentrischen noch exzentrischen Strahlen eine sphärische oder chromatische Abweichung und gestattet das Arbeiten mit größerer Öffnung (wenn auch nicht mit voller Öffnung) als andere ältere Systeme (Augenlinse, Pantoskop usw.), resp. ist lichtstärker. Es hat mit dem Pantoskop (neben welches man das Weitwinkelrektilinear gern stellt) nur den großen Bildwinkel, aber sonst mit der Konstruktion nichts gemein.

Da das eben erwähnte Dallmeyersche Weitwinkelrektilinear zu lichtschwach war, um im Atelier verwendet zu werden, so konstruierte er Ende 1866 eine lichtstärkere Form desselben, welche er Rapidrektilinear nannte.

Das Rapidrektilinear Dallmeyers (nicht zu verwechseln mit dem Weitwinkelrektilinear) ist sehr ähnlich dem Steinheilschen Aplanate, sowohl in seiner Konstruktion als auch in seiner Leistungsfähigkeit; dies geht auch aus der Fig. 62 hervor. Das Verhältnis der Öffnung zum Fokus ist $= \frac{1}{8}$, ist also lichtärmer als der Steinheilsche Aplanat oder das Euryskop usw.

Dallmeyers „Rapid rectilinear Portrait Lenses“ sind heller als die gewöhnlichen Rapidrektilineare, weil der Fokus im Verhältnis zur Brennweite kürzer ist¹⁾; das Prinzip ist ungefähr dasselbe wie bei Voigtländers Porträteuryskopen.

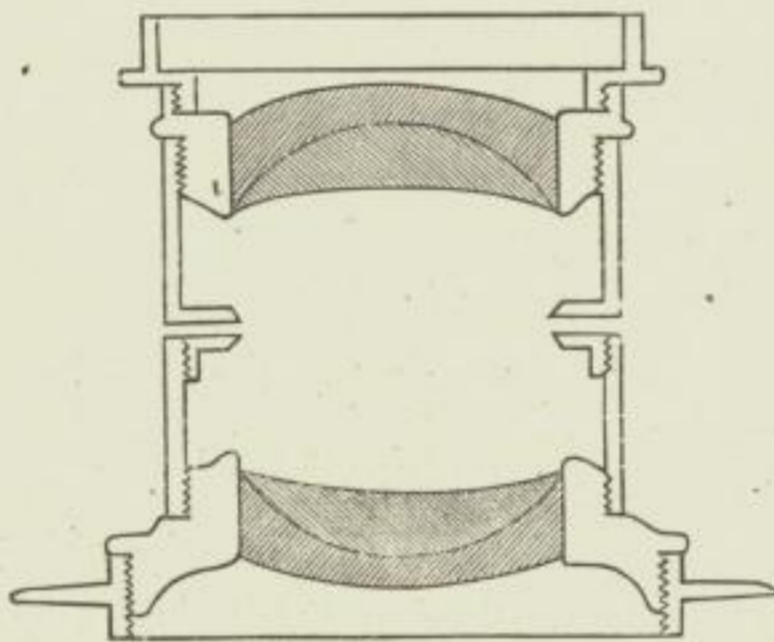


Fig. 62. Dallmeyers Rapidrektilinear.

Die folgenden Daten über die Konstruktion eines Dallmeyerschen Rapidrektilinears von der Helligkeit $\left(\frac{f}{8}\right)$ entnehme ich Cl. J. Leaper (Amateur Photographer 1891. S. 245) und zwar für ein Objektiv vom Linsendurchmesser 1,4 engl. Zoll und einer Brennweite von 11 Zoll.

			Spez. Gew. des Glases	
Krümmungsradien	{	Zerstreuender Flintmeniskus	{ + 2,244 Zoll	3,22
		Dicke 0,05 Zoll	{ - 0,987 „	
	{	Sammelnder Crownmeniskus	{ + 0,987 „	2,84
		Dicke 0,19 Zoll	{ - 3,032 „	

Distanz zwischen beiden Linsen = 1,5 Zoll.

F. Morrison in Newyork erzeugt aplanatische Linsen in mehreren Arten.

1. Die Rapid-Symmetricallinse besteht in folgendem: Jede achromatische Linsenhälfte besteht aus einer plankonvexen Crown Glaslinse, an welche eine bikonkave Flintglaslinse eng angeschlossen ist; die Krümmung jener dem Crown Glas zugekehrten Seite ist sehr gering, so daß beide Linsen nicht unmittelbar aneinanderschließen, sondern einen mit Luft gefüllten Zwischenraum lassen.

1) In England patentiert.

2. Die Morrisonische Weitwinkellinse besteht aus einem achromatischen Meniskus als Vorderlinse und einem einzigen (nicht achromatisierten) Meniskus als Hinterlinse. Der erstere ist überkorrigiert, so daß dadurch gleich der Fehler der einfachen Hinterlinse aufgehoben ist. Diese Weitwinkellinsen sind verhältnismäßig sehr lichtstark und besonders in Amerika sehr beliebt.¹⁾

Die amerikanische „Ratio Lens“ ist nicht unähnlich dem Aplanat oder Rektilinear. Die Anordnung der Linsen ist ungefähr dieselbe wie beim Dallmeyerschen Weitwinkelrektilinear. Die Hinterlinse ist etwas kleiner und hat eine kürzere Brennweite als die Vorderlinse.²⁾

Objectiv périgraphique nennt Berthiot in Paris ein Weitwinkelobjektiv, welches er 1888 konstruierte und den Weitwinkelaplanaten ähnlich ist, aber größere Linsendurchmesser besitzt.

Die „Objectifs panoramiques de Prasmowski“ in Paris sind den Hartnackschen aplanatischen und pantoskopischen Objektiven (s. S. 69) ähnlich.

Paul Waechter erzeugte seit 1891 Doppelobjektive „Orthographe“ und seit 1892 „Barytaplanate“ oder „Leukographie“. Der lichtstarke Weitwinkelaplanat wird von dieser Firma „Anastigmat“ genannt, hat aber auf diesen Namen in seiner vollen Bedeutung natürlich keinen Anspruch.

Talbot bringt unter dem Namen „Lamprodynast“ seit 1893 ein aplanatisches Objektiv von der Helligkeit $\frac{f}{8}$ in den Handel.

Der „Platystigmat“ von W. Wray ist ebenfalls den Aplanaten zuzurechnen (1896). Zu diesen zählt auch das von Roß im Jahre 1896 in den Handel gebrachte „Universal-Symmetrikalobjektiv“.

Das optische Institut Gebr. Schulze in Potsdam erzeugt seit 1896 Objektive unter dem Namen „Orthoskope“, welche eine Art Aplanate sind von der relativen Öffnung $\frac{f}{10}$. Die Objektive sind mit Irisblende montiert. Die „Sphäriskope“ dieser Anstalt (seit 1903) sind ebenfalls Aplanate von der Helligkeit $\frac{f}{7,2}$.

Die Firma Graß & Worff bringt seit 1900 unter dem Namen „Triumph-Euryskop-Anastigmat“ symmetrische Objektive von der Öffnung $\frac{f}{6}$ in den Handel, welche eine Art Aplanate darstellen und mit den Anastigmaten natürlich nicht deren Korrektur gemein haben.

1) S. Brit. Journ. Phot. 1883. S. 370 und 383.

2) Trail Taylors „The photogr. Amateur“ 1881. S. 86.

Perken stellt seit 1901 unter dem Namen „Grossar-Lens“ einen Aplanaten von der Öffnung 1:5,7 her.

Das „Eidoskop“, das Fleury-Hermagis seit 1905 herstellt, ist ein unscharf zeichnendes Objektiv, das sich dem Aplanatentypus nähert. Es hat bei einer Öffnung von 8 cm eine Brennweite von 40 cm, arbeitet somit ungefähr mit der relativen Öffnung 1:5.

Ebenso sind die „Aristoplane“ und „Aristoplanate“ der Firma Meyer & Co. nach den Aplanaten konstruiert.

Außer diesen Firmen, die es vorziehen, die alten weltberühmten Aplanate Steinheils als billige Objektive unter einem neuen Namen auf den Markt zu bringen, stellt eine große Anzahl von Firmen diese Objektive noch unter dem alten Namen her.

Gar oft müssen auch die „Anastigmaten“ den Aplanaten ihren Namen leihen, ohne aber, wie schon einmal oben erwähnt, ihnen damit auch noch anastigmatische Korrektur geben zu können.

SECHSTES KAPITEL. DIE ANTIPLANETE.

I. Steinheils Antiplanete.

Der Antiplanet (von Steinheil 1881 konstruiert) ist so genannt, weil zwei Linsenpaare von großen, aber entgegengesetzten Fehlern in bezug auf Kugelgestalt, Farbenzerstreuung usw. kombiniert sind. Es ist keine symmetrische Konstruktion. Die Vorderlinse hat eine kürzere Brennweite als das ganze System; die Hinterkombination besitzt eine negative Brennweite und entgegengesetzte Fehler, wodurch größere Tiefe der Schärfe erreicht wird. Die Hinterkombination ist sehr dick im Glase und nimmt den größten Teil der Fassung ein, die Blende liegt in der Mitte der zwei Linsenpaare, welche ganz nahe aneinander gerückt sind.

Auch hier hat Steinheil zwei Arten konstruiert: einen Antiplanet für Gruppen und Landschaften (besonders zu Momentaufnahmen im Freien) sowie Interieurs, welcher sich durch außerordentliche Tiefe auszeichnet und reichlich zweimal lichtstärker als der gewöhnliche Aplanat ist und als „Universalinstrument“ für Moment-, Landschafts-, Architektur- und Gruppenaufnahmen äußerst beliebt ist; einen anderen noch lichtstärkeren für Porträte, welcher jedoch wenig Verbreitung fand.

Der „Gruppenantiplanet“ gibt ein ausgedehntes scharfes Bild. Sein Gesichtsfeldwinkel ist = 70 Grad. Er arbeitet vortrefflich mit voller Öffnung (beiläufig $\frac{f}{6}$) und großen Blenden. Da er keine falschen Lichtreflexe gibt, so eignet er sich zu Momentaufnahmen im Freien; für kleinere Gruppenbilder (Boudoir- und Quartformat) im Atelier bei kurzer Aufstelldistanz leistet er gute Dienste. Da der Antiplanet völlig korrekt zeichnet, ist er auch für Architekturen und Reproduktionen im kleineren Formate gut geeignet.

Wegen der ansehnlichen Dicke der Glaslinsen, welche mit der Größe der Instrumente zunimmt, stellen sich der Erzeugung sehr großer Antiplanete Schwierigkeiten entgegen. Deshalb geht man für Gruppen- und Momentaufnahmen über Objektive von zirka 80 mm Durchmesser,

welche Gruppen- und Momentbilder vom Formate 18×24 cm geben, nicht hinaus. Für größere Formate dienen dann lediglich Aplanate (S. 55), Euryskope usw.

Bei Detektivapparaten und Momentkameras verwendet man gern kleine Antiplanete (z. B. von 25 mm Öffnung), für Kabinettplatten derartige Objektive von 43 mm oder besser von 48 mm.

Die Vorder- und Hinterlinse sind einander sehr genähert, so daß gerade Platz genug für die Blende vorhanden ist. Zentrale Momentverschlüsse (zwischen den Linsen) sind deshalb nur bei den größeren Nummern von Antiplaneten möglich.

Beim Antiplanet für Gruppen und Landschaften ist die hintere Linsenkombination verkittet (Fig. 63).

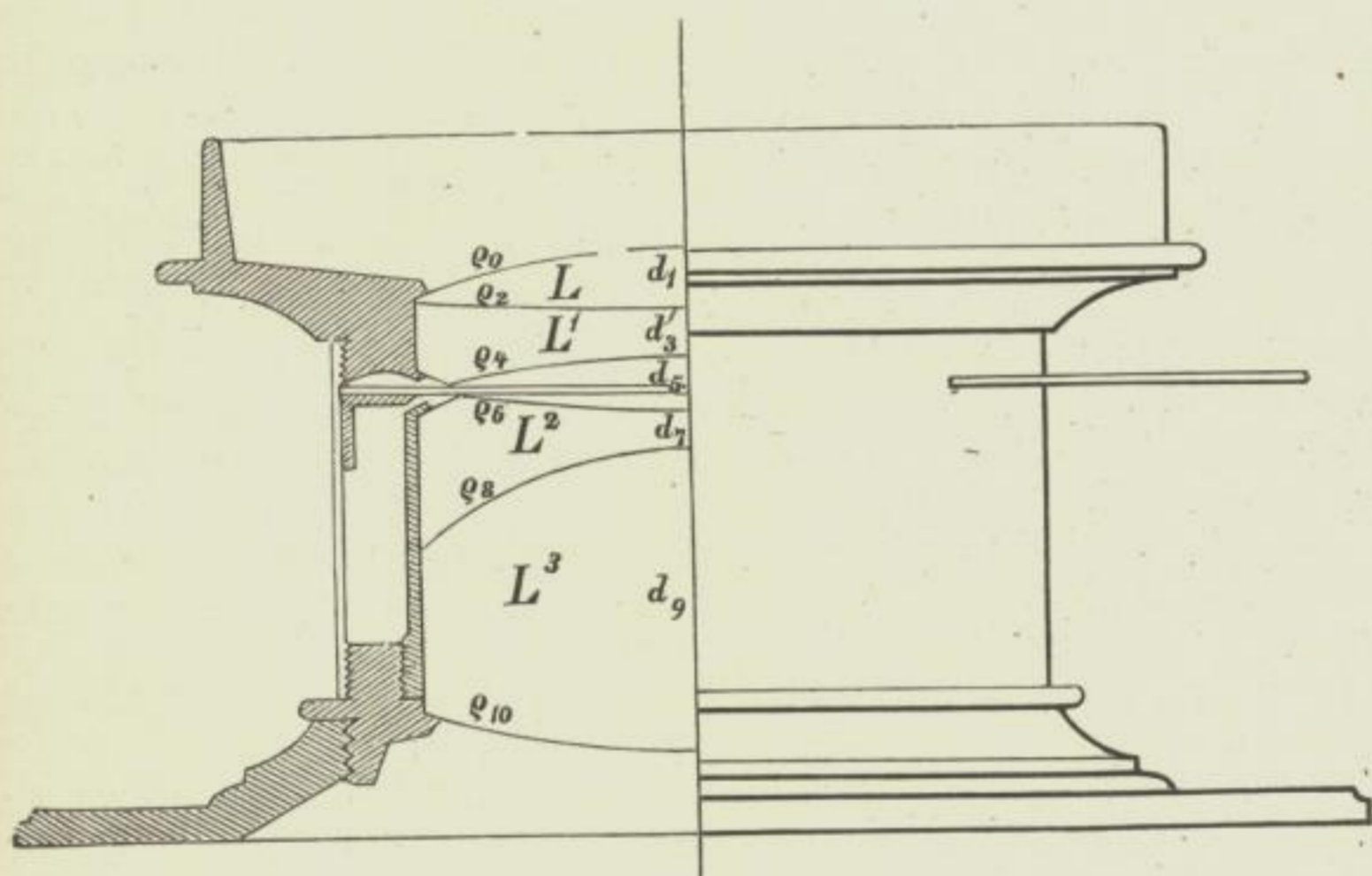


Fig. 63. Steinheils Antiplanet für Gruppen. $f = 240$ mm.

Wirksame Öffnung 17,9 mm

Brennweite . . . 100 "

Brechungskoeffizient: $n_d = 1,51705$

$n'_d = 1,57762$

$\frac{d_{n'}}{d_n} = 1,6183$

$q_0 = + 26,71$ mm	} Leicht Flint	$d_1 = 2,05$ mm
$q_2 = + 119,67$ "		
$q_4 = - 41,00$ "	} Crown	$d_3 = 1,71$ "
$q_6 = - 41,00$ "	} Leicht Flint	$d_7 = 1,37$ "
$q_8 = + 14,35$ "		
$q_{10} = + 30,06$ "	} Crown	$d_9 = 10,25$ "

Spiegelnde Flächen ¹⁾	Zahl der Brechungen	Abstand des Bildes von der letzten Fläche	Wahre Brennweite des Reflexbildes	Lage des Bildes	Verhältnis der Eintritts- zur Austrittshöhe
ϱ_{10}^i und ϱ_0^i	(14)	- 13,7	+ 13,9	umgekehrt	1 : 1,0
ϱ_{10}^i " ϱ_6^a	(10)	- 8,0	+ 10,9	"	1 : 0,7
ϱ_8^a " ϱ_0^i	(10)	- 6,0	+ 8,0	"	1 : 0,7
ϱ_{10}^i " ϱ_6^i	(8)	- 3,2	+ 13,9	"	1 : 0,2
ϱ_6^a " ϱ_4^a	(6)	+ 0,3	+ 10,5	"	1 : 0,03
ϱ_4^i " ϱ_0^i	(8)	+ 5,0	+ 14,7	"	1 : 0,3

Beim Antiplanet für Porträte sind die Linsen der Hinterkombination getrennt und die letzteren wirken sehr stark negativ. Fig. 64 zeigt deutlich dessen Konstruktion. Sie haben sich nicht eingebürgert, werden jetzt fast nur noch in kleinen Brennweiten zu Mikrophotographien verwandt.

Die Antiplanete sind auch zu Vergrößerungen verwendbar, jedoch muß in letzterem Falle die Vorderlinse dem vergrößerten Bilde und die Hinterlinse dem zu vergrößernden Objekte zugewendet sein.

Auf das Antiplanet erhielt Steinheil am 13. April 1881 ein deutsches, englisches und amerikanisches Patent. Die Patentschrift lautet:

„Es ist nicht-schwierig, Objektive für Photographie zu konstruieren, welche ebene Bilder liefern, es nimmt jedoch die Deutlichkeit der Bilder bei den bisher bestehenden Konstruktionen von der Mitte gegen den Rand langsamer oder rascher ab, je nachdem die Konstruktion eine mehr oder weniger vollkommene ist. Verbesserungen in dieser Beziehung erfordern total andere Formen der Objektive.

Der Erfinder hat durch jahrelange Berechnungen gefunden, daß ein aus zwei Linsenpaaren bestehendes (Doppel-) Objektiv diesen Fehler um so weniger besitzt, je ungleicher die Leistung des Gesamtobjektes in seine beiden Hälften verteilt ist. Bei den in Rede stehenden antiplanetischen Objektiven (*αντι* = entgegen, *πλανω* = ab-irren, also aus Hälften mit entgegengesetzten Fehlern gebildet) haben die beiden Hälften sehr große und entgegengesetzte Fehler, und während die eine Hälfte eine kürzere Brennweite als das Gesamtsystem hat, besitzt die andere eine negative Brennweite.

Diese Objektive erhalten zwei verschiedene Formen, je nach der beabsichtigten Anwendung:

1. für Aufnahme im Freien von Gruppen, Landschaften usw., bei welchen der Reflexe halber nicht mehr als zwei getrennt stehende Linsen (vier Brechungen aus Luft in Glas oder aus Glas in Luft) vorkommen dürfen und deshalb jede der Hälften verkittet sein muß;

2. für Aufnahme im Atelier von Porträten usw., wo große Öffnung im Verhältnis zur Brennweite Hauptbedingung ist, dagegen gestattet werden darf, die Linsen der einen Hälfte zu trennen.

1) Diese Tabelle ist für ein Objektiv von 88,93 mm Brennweite berechnet, für welches das Bild 87,08 mm von der letzten Fläche entfernt ist, während die Scheiteldistanz des Objektivs 14,8 mm beträgt.

Zu 1. Der „Antiplanet für Gruppen“, mit dem im Freien gearbeitet werden soll, erhält bei 240 mm Brennweite 43 mm Öffnung.

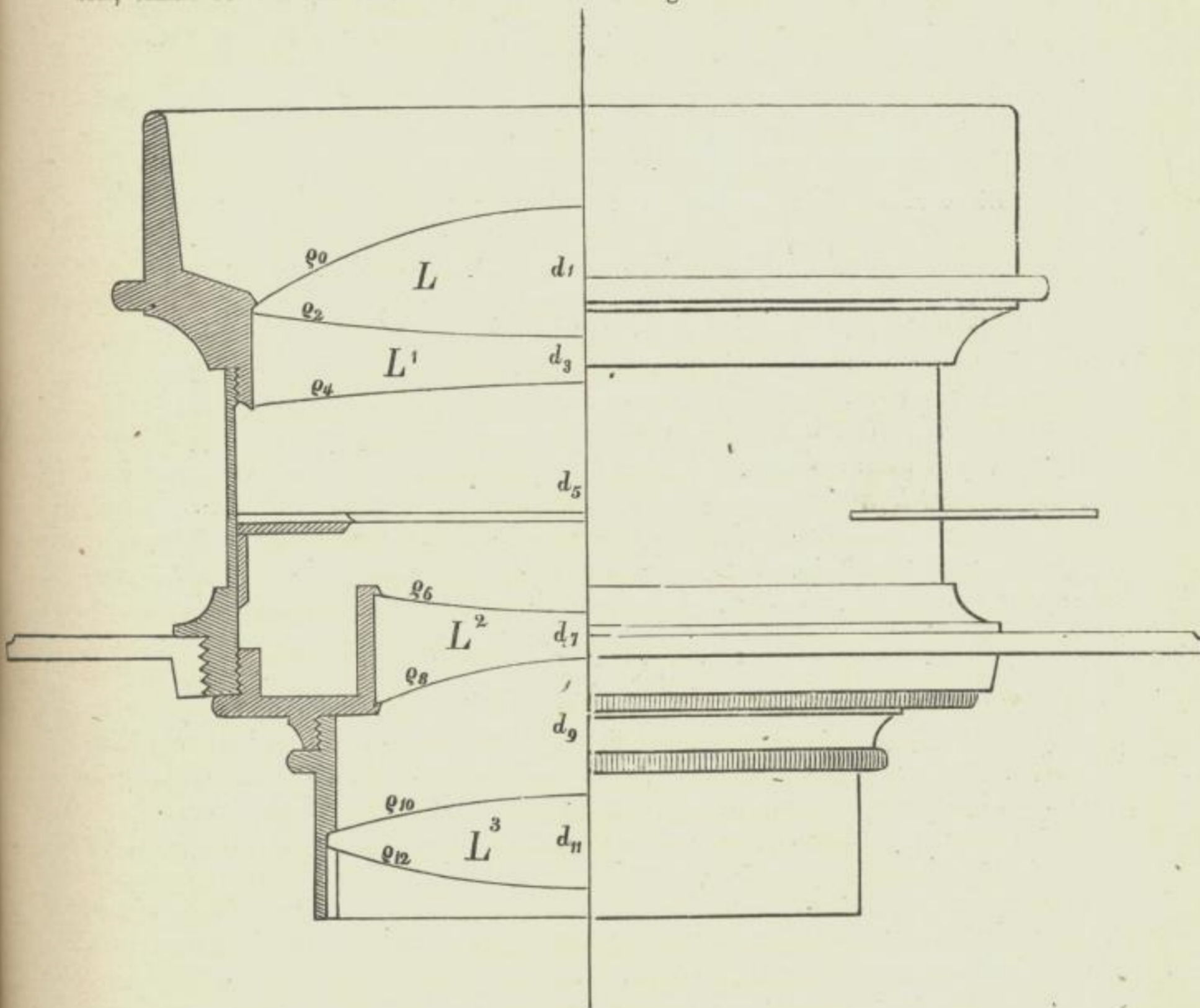


Fig. 64. Steinheils Antiplanet für Porträte. $f = 240$ mm.

Wirksame Öffnung 31,8 mm
Brennweite . . . 100 "

$\varrho_0 = + 30,10$ mm	} Crown	$d_1 = 6,12$ mm
$\varrho_2 = + 100,34$ "		
$\varrho_4 = - 222,98$ "	} Leichtflint	$d_3 = 2,23$ "
$\varrho_6 = - 58,72$ "	} Leichtflint	$d_7 = 2,23$ "
$\varrho_8 = - 25,81$ "		
	Abstand $d_9 = 6,58$ "	
$\varrho_{10} = + 45,76$ "	} Crown	$d_{11} = 4,46$ "
$\varrho_{12} = + 39,71$ "		

Die verwendeten Glassorten sind: Crown Flint
Brechung für gelbe Strahlen 1,51705 1,57710
Brechung für violette Strahlen 1,53250 1,60229

Die dem einfallenden Licht zugewendete (vordere) Hälfte besteht aus einer bikonvexen Flintglaslinse L , verkittet mit einer bikonkaven Crownglaslinse L^1 , welche

Kombination eine Brennweite von ca. 216 mm hat und starke chromatische und sphärische Aberration, sowie stark gekrümmtes Bild im Sinne, wie eine einfache positive Linse, besitzt; die zweite Hälfte, welche in geringem Abstand von der ersten steht, besteht aus einer bikonkaven Flintglaslinse L^2 , verkittet mit einer bikonvexen Crownglaslinse L^3 und hat sehr lange negative Brennweite, sowie ebenso starke sphärische und chromatische Aberration, aber im entgegengesetzten Sinne, so daß sie die Fehler der ersten Hälfte aufhebt.

Die verwendeten Glassorten sind:

	Crown	Flint
Brechung für gelbe Strahlen	1,51705	1,57710
Brechung für violette Strahlen	1,53250	1,60229

Die nötigen Elemente, um das Instrument bei einer Öffnung von 17,9 mm und einer Brennweite von 100 mm auszuführen, sind schon Seite 79 erwähnt.

Zu 2. Der „Antiplanet für Porträte“, im Atelier anzuwenden, hat bei der Brennweite von 100 mm 31,8 mm Öffnung der vorderen Hälfte; die zweite (hintere) Hälfte besteht aus zwei ungleich großen, getrennt stehenden Linsen, und zwar einer Flintglaslinse $*L^2$ von 19,3 mm und einer Crownglaslinse $*L^3$ von 24,5 mm Öffnung.

Die vordere Hälfte, bei welcher der erste Radius sehr kurz ist, hat eine positive Brennweite von ca. 65 mm und besteht aus einer bikonvexen Crownglaslinse $*L$, verkittet mit einer bikonkaven Flintglaslinse $*L^1$, und hat starke chromatische und sphärische Aberration und stark gekrümmtes Bild im Sinne, wie eine einfache positive Linse diese Fehler besitzt.

Die hintere Kombination, welche sich in einem Abstände, der ungefähr ein Drittel der Öffnung der Vorderhälfte beträgt, befindet, ist aus einer bikonkaven Flintglaslinse $*L^2$ und einer bikonvexen Crownglaslinse $*L^3$ gebildet, welche letztere in einem Abstände von ca. ein Viertel ihrer Öffnung von $*L^2$ entfernt steht.

Diese (hintere) Hälfte besitzt eine negative Brennweite von ca. 323,8 mm, hat ebenfalls starke sphärische und chromatische Aberration, sowie stark gekrümmtes Bild, aber entgegengesetzt der vorderen Kombination. (Fehler, wie eine einfache Negativlinse.)

Es ist somit das Gesamtobjektiv gebildet aus einem nicht kompensierten, positiven und einem überkompensierten, negativen Linsenpaar.

Die nötigen Dimensionen, um dieses Instrument bei einer Brennweite von 100 mm und 31,8 mm Öffnung anzufertigen, wurden schon Seite 81 angegeben.

Die Zeichnung (Fig. 72) zeigt das beschriebene Objektiv teils in der Ansicht, teils im Durchschnitt.

Patentansprüche:

1. Die Anordnung und Konstruktion von antiplanetischen Objektiven, welche aus zwei verkitteten Linsenpaaren bestehen, wobei das eine Paar LL^1 große, dem anderen Paar L^2L^3 entgegengesetzte Fehler enthält und die eine Hälfte eine kürzere positive Brennweite als das Gesamtsystem, die andere eine negative Brennweite besitzt und beide aus den angegebenen oder ähnlichen Glassorten hergestellt sind.
2. Die Anordnung und Konstruktion von antiplanetischen Porträtobjektiven, bei welchen die beiden Hälften große, aber entgegengesetzte Fehler besitzen und zugleich die Brennweite der einen Hälfte eine positive und kürzere als die des Gesamtsystems, die der anderen Hälfte dagegen eine negative ist und beide aus den angegebenen oder ähnlichen Glassorten hergestellt sind.

Eine bessere astigmatische Korrektur zeigt die von Dr. Rudolf Steinheil unter dem Namen Rapidantiplanet angegebene Modifikation

des Antiplaneten, in welcher die Hinterlinse aus drei Linsen verkittet ist, während in der Vorderlinse die positive Linse aus stärker brechendem, aber schwächer zerstreuem Glase hergestellt ist als die Negativlinse (s. Fig. 65).

Die Konstruktionselemente der Rapidantiplanete sind folgende:

Relative Öffnung = $\frac{f}{6,3}$. $F = 100$:

$$\begin{array}{ll} d_1 = 3,0 & R_0 = + 22,7 \\ d_3 = 0,9 & R_2 = - 56,8 \\ & R_4 = + 26,8 \\ d_5 = 0,9 & R_6 = - 26,8 \\ d_7 = 2,3 & R_8 = + 13,8 \\ d_9 = 3,2 & R_{10} = + 27,7 \\ & R_{12} = - 26,1 \end{array}$$

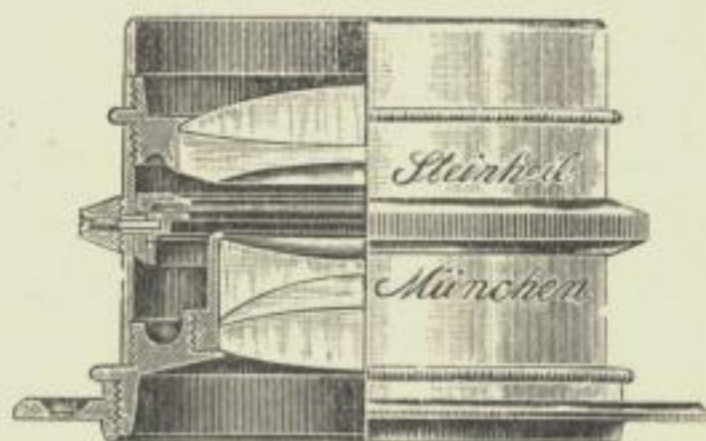


Fig. 65. Rapidantiplanet.

Blendenabstand von der Vorderlinse gleich Blendenabstand von der Hinterlinse = 1,705.

Glasarten n_D .

$$L_1 = 1,61003$$

$$L_2' = 1,51874$$

$$L_3 = L_5 = 1,57804$$

$$L_4 = 1,51804$$

Doch auch diese Konstruktion ist von dem von R. Steinheil berechneten Orthostigmaten (s. unten) überholt worden.

SIEBENTES KAPITEL.

DIE PORTRÄTOBJEKTIVE NACH PETZVALS SYSTEM.

I. Petzvals Porträtobjektiv (Schnellarbeiter).

Die Petzvalschen Porträtobjektive sind so vorzüglich, daß sie noch heute als Porträtobjektive ihren Platz behauptet haben; sie sind zu Tausenden verbreitet und wenn man von einem Porträtobjektive schlechtweg spricht, so ist in der Regel ein solches Petzvalscher Konstruktion gemeint.

Erst in neuerer Zeit sind an Stelle der Porträtobjektive mittlerer Helligkeit die Porträtteleskope, Antiplanete, Anastigmaten und ähnliche Konstruktionen getreten (siehe oben), während für die lichtstärksten Porträtobjektive („Schnellarbeiter“) noch immer das Petzvalsche Linsensystem in bezug auf die Helligkeit unübertroffen dasteht. Viele Porträtphotographen ziehen für gewöhnlich zu den Aufnahmen im Atelier auch heute noch das Petzvalsche Objektiv mittlerer Helligkeit allen anderen Konstruktionen vor. Nur für Aufnahmen großer Formate, namentlich von Gruppenbildern und in allen Fällen, wo es auf einen großen Gesichtsfeldwinkel ankommt, sind die Euryskope, Aplaneten, Antiplaneten und lichtstarken Anastigmaten namentlich in kurzen Ateliers definitiv und allseitig akzeptiert worden.

Bei den Petzvalschen Porträtobjektiven ist alles dem Zwecke geopfert, einen starken Strahlenbündel zu erhalten, der frei von sphärischer und chromatischer Abweichung ist, so daß mit denselben die Aufnahme von Porträten in einer äußerst kurzen Zeit ermöglicht wird. Um die größte Lichtstärke zu erreichen, wird die Krümmung des Feldes eine bedeutende, und die Bildfläche wird nur in ihren zentralen Teilen vollkommen scharf.

Von Prof. Petzval direkt waren keine Krümmungsradien seiner Porträtobjektive und Orthoskope erhältlich (s. S. 76). Die Originalzahlen, nach welchen seine ersten Objektive ausgeführt wurden, wären verloren gegangen, wenn nicht gelegentlich eines Streites zwischen Voigtländer und Petzval¹⁾ ersterer eine legalisierte Kopie der

1) Akademiker Dr. Petzval beleuchtet vom Optiker Voigtländer. Braunschweig, 1859.

Zeichnung und Beschreibung nebst Krümmungshalbmesser der zwei Systeme von Objektiven festgestellt hätte. Es sind dies die Petzvalschen Zahlen vom Jahre 1841. Diesem Dokumente war die Zeichnung Fig. 66 beigegeben und die Beschreibung:

„Erste Doppellinse, bestehend aus einer bikonvexen Crownglaslinse und bikonkaven Flintglaslinse

$$r_1 = 36,4 \text{ Linien}, \quad r_2 = -28,5 \text{ Linien} = r_3, \quad r_4 = 300 \text{ Linien},$$

$$r_1 = 3,00 \text{ Zoll}, \quad r_2 = -2,37 \text{ Zoll}, \quad r_4 = 25 \text{ Zoll}.$$

Die zerstreue Kompensationslinse, bestehend aus einer bikonkaven Crown-
glaslinse und konvex-konkaven Flintglaslinse

$$r_1 = -86,4 \text{ Linien}, \quad r_2 = 50,8 \text{ Linien}, \quad r_3 = -126,3 \text{ Linien}, \quad r_4 = -36,9 \text{ Linien},$$

$$r_1 = -7,11 \text{ Zoll}, \quad r_2 = 4,32 \text{ Zoll}, \quad r_3 = -9,03 \text{ Zoll}, \quad r_4 = -3,11 \text{ Zoll}.$$

Die sammelnde Kompensationslinse, bestehend aus einer konvex-konkaven Flint-
glaslinse und bikonvexen Crownglaslinse

$$r_1 = 72,1 \text{ Linien}, \quad r_2 = 25,3 \text{ Linien}, \quad r_3 = 31,3 \text{ Linien}, \quad r_4 = -102,8 \text{ Linien}.$$

Bei der ersten Linse war im Original die zweite Reihe der Werte mit Bleistift geschrieben; sie sind nichts anderes als die auf Zolle reduzierten identischen Werte der ersten Reihe. Bei der zweiten Linse sind die beiden Reihen nicht identisch, sondern bezeichnen verschiedene Krümmungen.

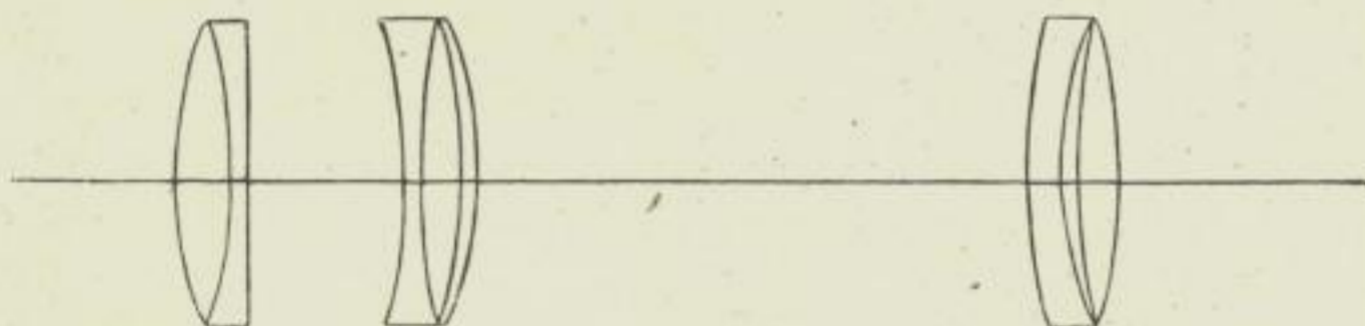


Fig. 66.

Werden alle Dimensionen und Krümmungen, wie sie im Dokumente angegeben sind, mit 2 multipliziert, so erhalten wir drei Linsen von drei Zoll Öffnung, welche zwei Linsensysteme von folgenden Krümmungen bilden:

Erste Linse

$$r_1 = 6 \text{ Zoll}, \quad r_2 = r_3 = -4,74 \text{ Zoll}, \quad r_4 = 50 \text{ Zoll}.$$

Zweite Linse

$$r_1 = -14,22 \text{ Zoll}, \quad r_2 = 8,64 \text{ Zoll}, \quad r_3 = -18,06 \text{ Zoll}, \quad r_4 = -6,22 \text{ Zoll}.$$

Dritte Linse

$$r_1 = 12,016 \text{ Zoll}, \quad r_2 = 4,216 \text{ Zoll}, \quad r_3 = 5,216 \text{ Zoll}, \quad r_4 = -17,133 \text{ Zoll}.$$

Die erste und dritte Linse bilden die Kombination des Petzvalschen Porträtobjektives (Dreizöller), wie es von Voigtländer zu Beginn in den Handel gebracht wurde. Die Kombination der ersten und zweiten Linse entspricht derselben Kombination, welche Petzval später als Landschaftsobjektiv (s. Orthoskop) veröffentlichte. Bei dem später (1859) von Petzval-Dietzler veröffentlichten Landschaftsobjektiv war jedoch die Öffnung der Hinterlinse nur $\frac{2}{3}$ der Vorderlinse, während sie in der Zeichnung vom Jahre 1841 gleich sind. Die Krümmungsradien des Objektives (Orthoskop) vom Jahre 1859 waren dieselben, nämlich

$$r_1 = -14,445 \text{ Zoll}, \quad r_2 = 8,5 \text{ Zoll}, \quad r_3 = -21 \text{ Zoll}, \quad r_4 = -6,143 \text{ Zoll}.$$

Hierbei sei bemerkt, daß sie mit der zweiten Zahlenreihe der zweiten Linse vom Jahre 1841 (s. o.) identisch sind, während die erste Zahlenreihe derselben Linse etwas andere Werte repräsentiert, welche Petzval augenscheinlich nachträglich etwas abänderte.

Das ursprüngliche Petzvalsche Porträtobjektiv, wie es von Voigtländer erzeugt wurde, bestand aus einem aus zwei verkitteten Linsen gebildeten vorderen und einem aus zwei getrennten Linsen gebildeten hinteren Objektiv. Beide Kombinationen hatten nahezu denselben Durchmesser (bei Nr. 1 vorn 18^{mm}, hinten 19^{mm}). Die Glasarten waren:

Hart Crown vom Brechungszeiger $n_D = 1,517$
 und Leichtflint „ „ „ $n_D = 1,575$.

Das Objektiv hatte nur eine feste Blende, welche die ganze Öffnung der Linsen wirksam ließ.

Die Krümmungshalbmesser der zuerst in den Handel gebrachten Objektiv Nr. 1 sind für $F = 100$:

$$\begin{aligned} r_1 &= +54,50, & r_2 &= \pm 43,05, & r_3 &= -517,72, \\ r_4 &= +108,99, & r_5 &= -38,14, & r_6 &= +47,28, \\ & & r_7 &= +154,41. \end{aligned}$$

Die Öffnung ist 28 mm, also die rel. Öffnung 1 : 3,6. Das Objektiv ist nicht achromatisch (s. Fig. 67).

Das erste Petzvalsche Porträtobjektiv (aus dem Jahre 1841) ist im Besitze des Museums österreichischer Arbeit in Wien. Es ist in der ursprünglichen Form erhalten. Die Vorderlinse des Objektivs hat einen Durchmesser von 39 mm, die wirksame Öffnung ist 38 mm, die Brennweite 150 mm. Die Elemente des Objektivs sind

in mm nach den Bestimmungen von R. Steinheil folgende:

$D_1 = 7,6$	$R_0 = + 78,68$	} Crown (mittleres $n = 1,528$)
$D_3 = 1,5$	$R_2 = \pm 62,45$	
$D_5 = 51,5$	$R_4 = - 653,06$	} Flint („ $n = 1,598$)
$D_7 = 1,9$	$R_6 = + 157,96$	
$D_9 = 4,2$	$R_8 = - 56,01$	} Flint („ $n = 1,622$)
$D_{11} = 5,3$	$R_{10} = + 72,10$	
	$R_{12} = + 228,04$	} Crown („ $n = 1,546$)

Die Brechungsexponenten sind nicht sehr sicher, doch stimmen sie gut und zeigen, daß die Vorderlinse aus leichtem Crown und Flint, die Hinterlinse aus schwerem Crown und Flint hergestellt sind.

Es wird von besonderem Interesse sein, die Radien und Dicken eines vorzüglichen Dietzler-Petzvalschen Porträtobjektivs (aus der besten Zeit ihres Zusammenarbeitens), welches sich in den Sammlungen

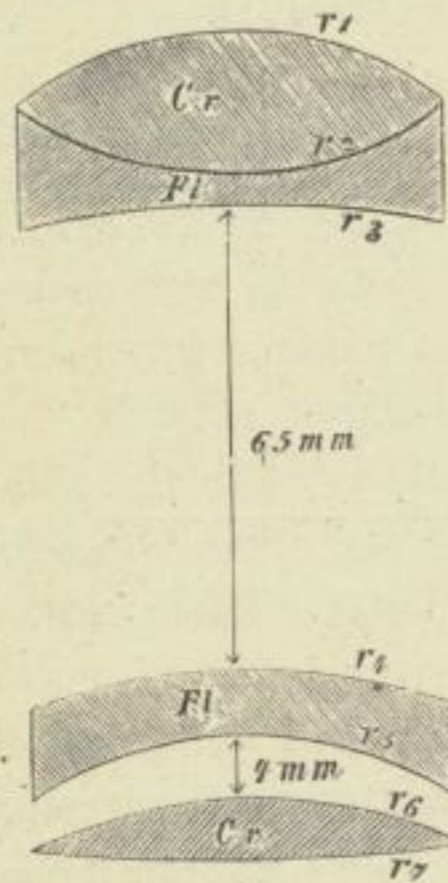


Fig. 67.
Ursprüngliches Petzval-Objektiv.

der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien befindet, kennen zu lernen.

$$\begin{array}{l}
 D_1 = 17,9 \quad R_0 = + 214,26 \text{ mm} \\
 D_3 = 2,0 \quad R_2 = \pm 186,89 \text{ „} \\
 D_5 = 16,6 \quad R_4 = -1969,3 \text{ „} \\
 D_7 = 3,5 \quad R_6 = + 472,56 \text{ „} \\
 D_9 = 12,3 \quad R_8 = - 166,47 \text{ „} \\
 D_{11} = 11,2 \quad R_{10} = + 205,71 \text{ „} \\
 \quad \quad \quad R_{12} = + 683,6 \text{ „}
 \end{array}$$

Brennweite der positiven Vorderlinse = 20,3 cm

„ „ ganzen Vorderlinse = 63,25 „

„ „ positiven Hinterlinse = 31 „

„ „ ganzen Hinterlinse = 91,5 „

Die Gesamtbrennweite des Objectives = 431 mm.

Die Gläser sind vermutlich:

- Linse I Chance soft Crown
- „ II „ light Flint
- „ III „ „ „
- „ IV „ hard Crown.

Die erste wesentliche Verbesserung (1858; s. S. 21) war die Herstellung des Achromatismus, indem Voigtländer die Crownlinse der vorderen Kombination aus Soft Crown (vom Brechungszeiger $n_D = 1,515$, aber größerer zerstreuer Kraft) fertigte und r_3 auf 655 mm verkürzte.

Die ersten Instrumente Voigtländers zeigten Fokusdifferenz (bis Nr. 7200); bei den späteren wurde dieser Fehler korrigiert und schon seit langem kommt kein derartiges Instrument mehr in den Handel.

Obige Zahlen betreffen die alten Voigtländerschen Porträtobjektive¹⁾ und zwar jene mit normaler Brennweite. Die alten Schnellarbeiter (*B* mit kurzer Brennweite) hatten keine besondere Konstruktion; die

1) Nach Voigtländer (Deutsche Patentschr. Nr. 5761 vom 25. Juni 1879) besitzt sein Petzvalsches Porträtobjektiv folgende Konstruktion: Nimmt man die Gesamtbrennweite beider Doppellinsen = F , jene der ersten Doppellinse (GH) = f , jene der zweiten Doppellinse (NM) = f_1 , so verhält sich $f : f_1 = 3 : 5$, setzt man ferner für $F = 10$, so ist:

Vorderlinsen	{	Krümmungsradius der bikonvexen Crown Glaslinse . .	{	$r = + 5,4545$
		„ „ der fast plankonkaven Flintglaslinse	{	$r_1 = + 4,3182$
Hinterlinsen	{	„ „ des Flintglasmiskus	{	$r_2 = - 4,3182$
		„ „ der bikonvexen Crown Glaslinse . .	{	$r_3 = - 54,54$
		„ „ des Flintglasmiskus	{	$r_4 = + 10,909$
		„ „ der bikonvexen Crown Glaslinse . .	{	$r_5 = - 3,833$
			{	$r_6 = + 4,742$
			{	$r_7 = + 16,3636$

kürzere Brennweite wurde erzielt, indem man die Gläser der nächst höheren Nummer auf den Radien der niederen Nummer schliiff. Z. B. wurde der 24^{mm} Schnellarbeiter (*B*) auf dem Schliff der 21^{mm} normalen Porträtobjektive gemacht. In umgekehrter Weise verfuhr man, um die langen Porträtobjektive (*A*) herzustellen; z. B. wurde das 5zöllige Porträtobjektiv auf dem Schliff der 4zölligen normalen Porträtobjektive von derselben Brennweite gearbeitet.

Da es häufig vorkommt, daß bei dem Auseinandernehmen des hinteren Objectives, zum Zweck der Reinigung, die beiden Gläser nebst Zwischenring verkehrt in die Fassung wieder eingelegt werden, so beachte man, daß das doppelt konvexe Crown Glas mit der flacheren Seite an den Ansatz der Fassung zu liegen kommt, dann folgt der Zwischenring und auf diesen die Flintglaslinse mit der konkaven Seite nach innen.

Der Überschraubring darf nicht zu fest angezogen werden, da sonst leicht eine Spannung in den Linsen entstehen kann.

Je nach der Öffnung und der Brennweite des Objectives variiert dessen Lichtkraft. Für die lichtstärksten Porträtobjektive beträgt der Durchmesser der größten Öffnung, mit welcher das Objektiv arbeitet, den dritten Teil der Brennweite $\left(\frac{f}{3}\right)$. Etwas lichtschwächere Objective mit $\frac{f}{4}$ werden für gewöhnlich verwendet, weil das Bild flacher ist. Werden Bilder von noch größerem Format verlangt (Gruppenaufnahmen usw.), so wird die Brennweite im Vergleich zur wirksamen Öffnung länger gewählt, z. B. $\frac{f}{6}$. Die vergleichsweise Helligkeit dieser Instrumente ist dann 9:36, d. h. das erstere ist viermal lichtstärker als das letztere.

Das Gesichtsfeld schwankt zwischen 15 bis 55 Grad; es beträgt jedoch bei der Verwendung größerer Blenden selten mehr als 20 Grad in voller Schärfe. Es hängt ab von der Größe der Blenden und der Distanz der Vorder- und Hinterlinsen; sind diese sehr genähert und die Blende klein, so ist das Feld groß, aber das Bild stark gekrümmt und deshalb auf ebener Platte gegen den Rand undeutlich.

Ohne Blende ist nur ein kleiner Teil der Bildmitte scharf. Blenden bewirken das Entstehen eines ausgedehnten scharfen Bildes. Die Tiefe des Bildes ist sehr gering, sobald man mit voller Öffnung arbeitet; mit kleinen Blenden ist aber die Tiefe sehr bedeutend. Die Bilder des Porträt-doppelobjectives sind nicht frei von Verzeichnung und deshalb ungeeignet für die Aufnahmen von Monumenten und Plänen.

Bei einem Petzvalschen Porträtobjektiv wird die Bildebene flacher, wenn man das Diaphragma näher an die Vorderlinse rückt, als wenn es mehr nach der Mitte zwischen beiden Linsen gerückt wird. Übrigens hängt die richtige, unverzerrte Wiedergabe der Linien am Rande des Bildes wesentlich von der Stellung des Diaphragmas ab. Hat man es durch irgend eine Stellung des Diaphragmas dahin gebracht, daß alle geraden Linien auch auf dem Bilde völlig gerade und ungekrümmt erscheinen, so werden durch eine Verrückung des Diaphragmas nach der Hinterlinse zu die vorher geraden Linien nach innen gekrümmt [)], wogegen durch eine Annäherung an die Vorderlinse eine Krümmung nach außen [()] entsteht.

Das vordere Linsenpaar kann herausgenommen und, mit der flachen Seite dem Objekte zugewendet, als Landschaftslinse gebraucht werden. Es ist achromatisch, aber für sich allein nicht frei von sphärischer Abweichung, welche durch Anwendung von Blenden beseitigt werden muß; die Brennweite der Vorderlinse ist größer (ungefähr zweimal) als die des ganzen Systems. Diese Eigenschaft der Vorderlinse gab Veranlassung zur Konstruktion kombinierter Porträt- und Landschaftslinsen (s. u.).

Auch kann man die Vorderlinse solcher Porträtobjektive zur Aufnahme von großen Köpfen im Porträtatelier verwenden und erzielt eine vollkommen genügende, auf eine große Fläche verteilte Schärfe, welche allerdings nicht die Schärfe von Doppelobjektiven besitzt; man muß

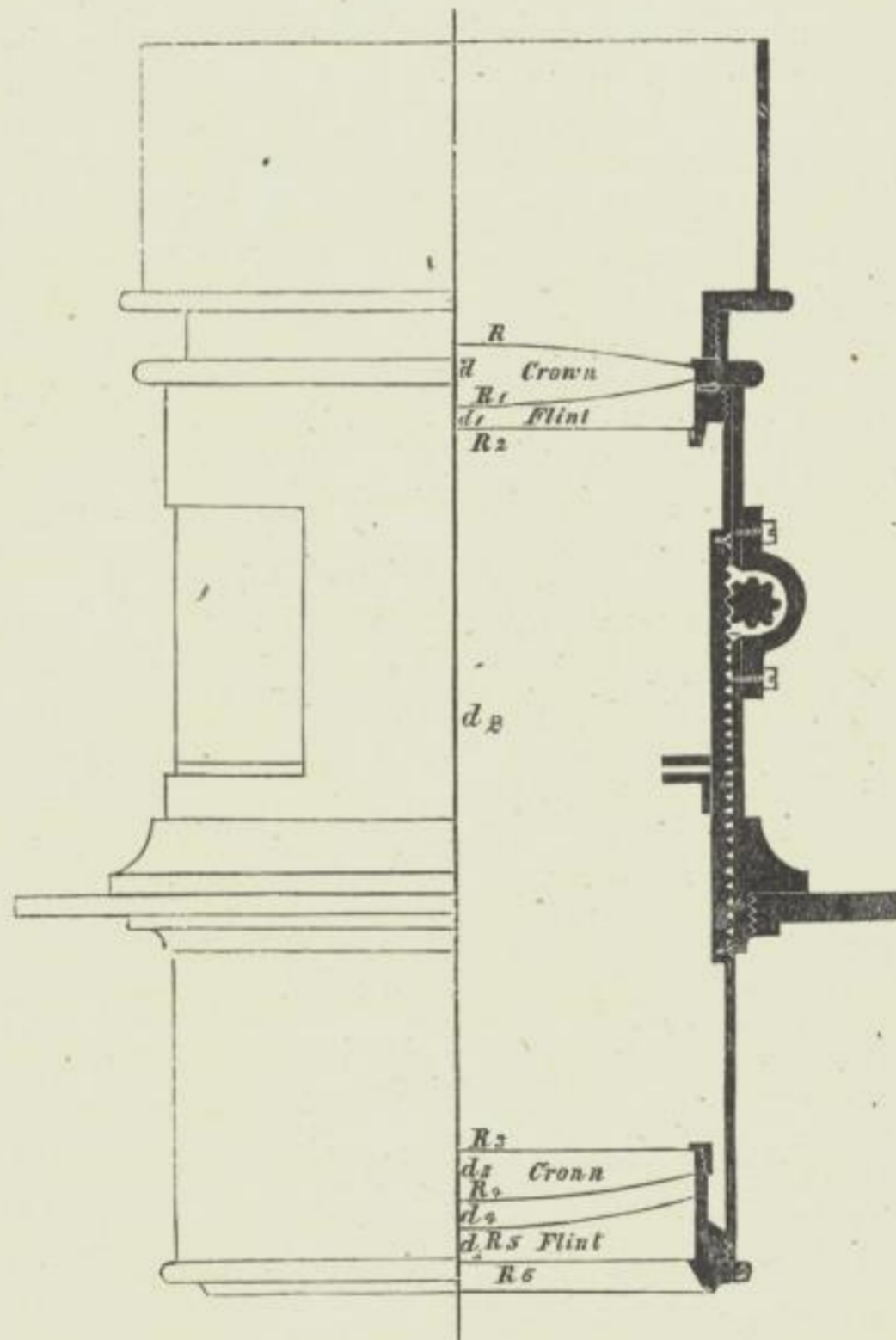


Fig. 68. Suters Porträtobjektiv. $f=360$ mm.

diese Linse dann auf beiläufig $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ der Brennweite abblenden. Auf diesem Wege lassen sich sehr hübsche große Porträte erzielen.

Die Petzvalschen Porträtobjektive werden heute, außer von Voigtländer (s. o.), noch von vielen anderen Fabriken in vorzüglicher Qualität geliefert, namentlich von Suter in Basel, von der Optischen Industrieanstalt in Rathenow (vormals E. Busch), von Français in Paris.

Fig. 68 zeigt Suters Porträtobjektiv, welches sehr leistungsfähig bei Porträtaufnahmen im Atelier und bei kurzer Belichtungszeit ist; es entspricht der Dallmeyerschen Modifikation, s. S. 73. Der Verfasser zieht für die gewöhnlichen Porträtaufnahmen die „Doppelobjektive gewöhnlicher Brennweite“ vor. Die Krümmungsradien für ein solches Doppelobjektiv von 100 mm Brennweite sind die folgenden:

$$\begin{array}{l} d = 2,92 \quad \left. \begin{array}{l} R = + 58,314 \\ R_1 = \pm 47,850 \end{array} \right\} \text{Crown} \\ d_1 = 1,06 \quad \left. \begin{array}{l} R_2 = - 431,826 \\ d_2 = \text{Abstand} = 32,78 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Vorderlinse} \\ \text{Flint} \end{array} \\ d_3 = 1,47 \quad \left. \begin{array}{l} R_3 = + 108,998 \\ R_4 = - 41,196 \end{array} \right\} \text{Flint} \\ d_4 = \text{Abstand} = 1,25 \quad \text{Hinterlinse} \\ d_5 = 2,28 \quad \left. \begin{array}{l} R_5 = + 52,427 \\ R_6 = + 178,714 \end{array} \right\} \text{Crown} \end{array}$$

Verwendete Glassorten:

$$\begin{array}{l} \text{Vorderlinse} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Crown } n = 1,532 \\ \text{Flint } n' = 1,589 \end{array} \right. \\ \text{Hinterlinse} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Crown } n = 1,536 \\ \text{Flint } n' = 1,570 \end{array} \right. \end{array}$$

Ferner haben sich Hermagis, Darlot, Jamin, Charconnet und Lavrance in Paris (ehemals Gasc und Charconnet in Paris) und insbesondere Dallmeyer in London, Ross u. a. mit der Erzeugung guter Porträtlinen beschäftigt. Manche dieser Konstruktionen (besonders französische) sind schon äußerlich an der Fassung, welche öfters konisch ist, kenntlich.

Die Fig. 69 stellt das Doppelobjektiv von Petzval, konstruiert von Dallmeyer, unter dem Namen Schnellarbeiter für Stereoskop-aufnahmen, vor und beträgt dessen Fokusslänge 117,4 mm.

Dieses Objektiv ist zusammengesetzt:

1. Aus einem achromatischen Meniskus HG (fast plankonvex), dessen konvexe Fläche nach dem zu reproduzierenden Gegenstand gerichtet ist. Die Linse ist in einen Ring H gefaßt und an ein Rohr

$DEE'D'$ angeschraubt, welches das größere Rohr FF' aufnimmt, das mit einem Deckel aus Messing oder aus Pappe geschlossen wird.

2. Aus einer bikonvexen Kombination NM , durch einen Zerstreuungsmeniskus M aus Flintglas gebildet, welcher in einer bestimmten Entfernung von einer bikonvexen Crown Glaslinse N angebracht ist. Das Flintglas ist in einen Ring OO' gefaßt, der sich in einen anderen, das Crown Glas enthaltenden Ring PP' einschrauben läßt. Ein anderer Ring trennt die beiden Linsen in der durch die Berechnung festgestellten Entfernung. Diese Linsenkombination wird an der hinteren Seite der Fassung $DEE'D'$ angebracht. Die Brennweite der beiden Linsenpaare ist nahezu gleich.

LL' und KK' sind zwei Scheiben, zwischen welche die Diaphragmen eingeschoben werden.¹⁾

In späterer Zeit änderte Voigtländer diese ursprüngliche Petzvalsche Konstruktion, indem er (nach dem Vorgange Dallmeyers,

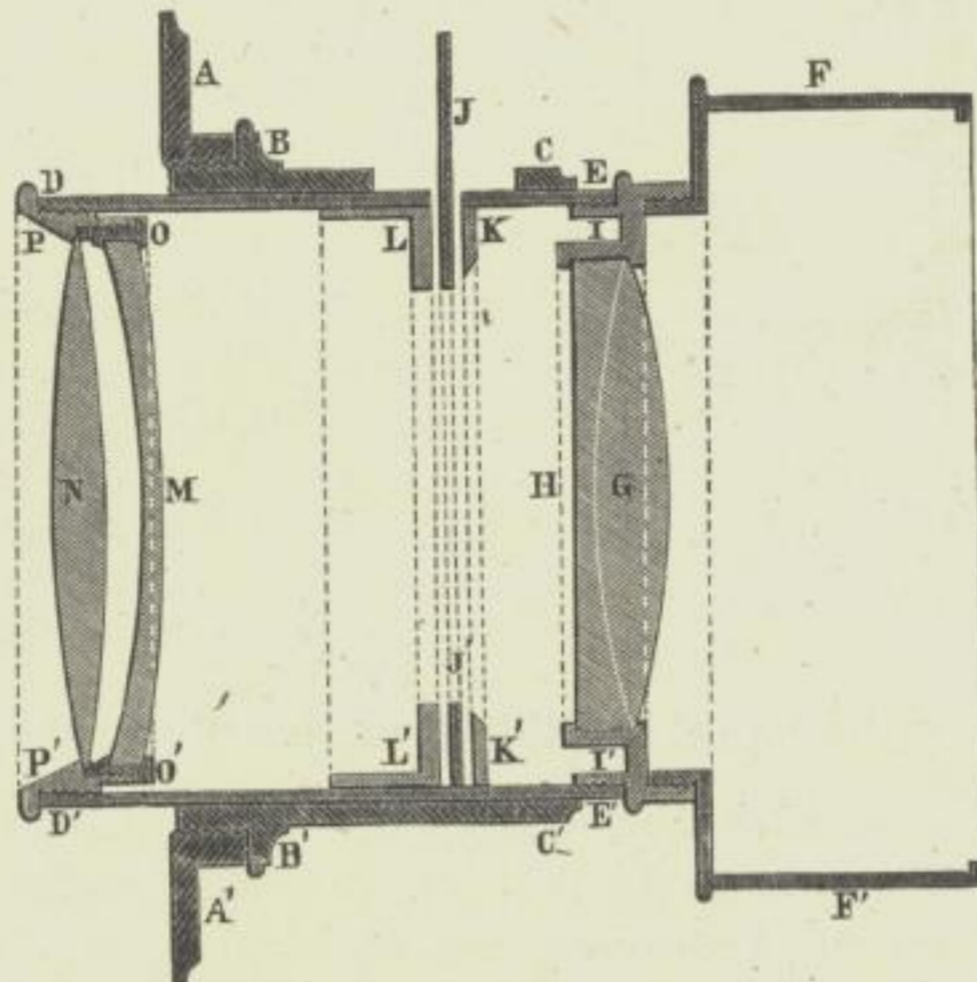


Fig. 69. Petzvals Porträtobjektiv, ausgeführt von Dallmeyer nach älterer Konstruktion.

1) Monckhoven gibt folgende Zahlen für das oben genannte Instrument:

Durchmesser der vorderen Kombination	2977
Crown Glas bikonvex { + R	5585
{ + R'	3701
Flintglas bikonkav { - R''	3701
{ - R'''	102,662
Durchmesser der hinteren Kombination	3517
Fintglasmeniskus divergierend { + R	13030
{ - R'	5844
Crown Glas bikonvex { + R''	10195
{ + R'''	10195
Entfernung der beiden Kombinationen	2424
Absolute Fokusslänge	10,000
Ganze Objektivöffnung $\frac{f}{4}$	= 2500
Öffnung des kleinsten Diaphragmas $\frac{f}{25}$	= 400

s. u.) in der Hinterkombination die Stellung des Flint- und des Crown-
glases vertauschte. Die letzte Konstruktion (1885) des „Voigtländer-
schen Porträtobjektives mit großer Licht-

stärke“ (Schnellarbeiter) besitzt das Verhältnis
der Öffnung zur Brennweite = $1:3\frac{1}{6}$; der
Gesichtswinkel ist = 50 Grad.

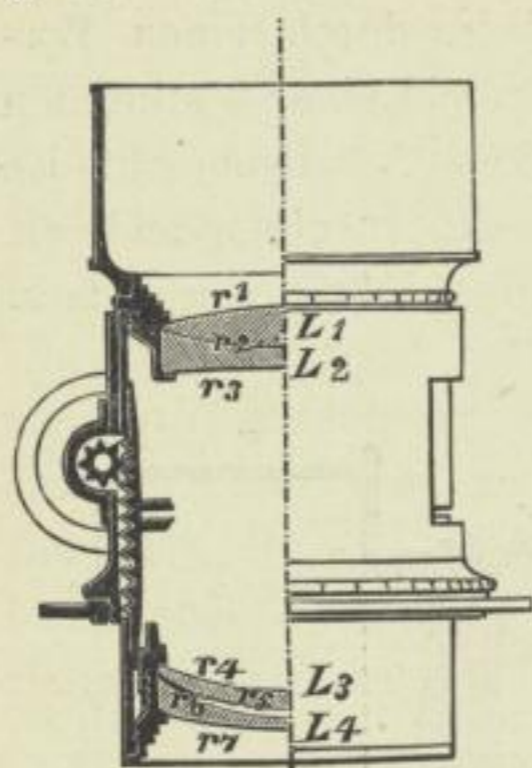


Fig. 70.
Voigtländers Porträtobjektiv.
 $f = 167$ mm.

Fig. 70 zeigt die Konstruktion dieses
Objektives.

Die Glasarten sind: L_1 Soft Crown $n_D = 1,515$
 L_2 Leichtflint $n_D = 1,575$
 L_3 Hart Crown $n_D = 1,517$
 L_4 Leichtflint $n_D = 1,575$

Die Krümmungshalbmesser sind für $f = 100$ mm:
 $r_1 = 52,04$ $r_2 = 44,91$ $r_3 = 251,50$ mm,
 $r_4 = 393,41$ $r_5 = 33,53$ $r_6 = 29,04$
 $r_7 = 60,48$ mm.

Öffnung = 31,14 mm.

II. Dallmeyers Modifikation des Petzvalschen Porträtobjektives.

Im Jahre 1866 veränderte John Henry Dallmeyer in London
die Petzvalsche Linsenkonstruktion (s. englische Patentschriften) durch
eine andere Anordnung der Hinterlinse, wie dies aus Fig. 71 und 72
hervorgeht.

Zunächst einige Worte über die Konstruktion des Dallmeyerschen
Patentobjektives: Das Crown- und Flintglas der Hinterlinse sind im
Vergleich zur ursprünglichen Petzvalschen Konstruktion umgekehrt
angeordnet, d. h. es steht die Flintglaslinse hinten und die Crown-
linse voran, wie Fig. 72 im Vergleich mit Fig. 71 zeigt. Diese beiden
Hinterlinsen sind beweglich; ihre Entfernung kann willkürlich geändert
werden. Wenn man die Linsencombination verstellt, so kann man
eine mildere Schärfe, die mitunter erwünscht ist, in allen Teilen erhalten.
Wenn die hinterste Linse ganz eingeschraubt ist, erhält man mit dem
Objektive das schärfste Bild von Gegenständen, die in einer Ebene
liegen. Durch das Zurückschrauben der Hinterlinse wird die überaus
große Schärfe gemildert und der Fokus dehnt sich über mehrere Ebenen
aus, um so mehr, je weiter man die Hinterlinse zurückschraubt. Der
Photograph ist auf diese Weise imstande, sein Instrument der Be-
schaffenheit des Modells anzupassen.

Bei diesem Objektiv ist das Verhältnis von wirksamer Linsen-
öffnung zur wirklichen Brennweite des Linsensystems wie $1:3$ und

der Gesichtswinkel umfaßt ungefähr 60 Grad; das Bild ist aber nicht ganz frei von Verzeichnung.

Die Details der Konstruktion sind nach der Patentschrift folgende (s. Fig. 72): Die Vorder- und Hinterlinse haben denselben Durchmesser. Das Verhältnis der Brennweite der Vorderlinse A zu der Brennweite des ganzen Objektivs f ist wie 9:6

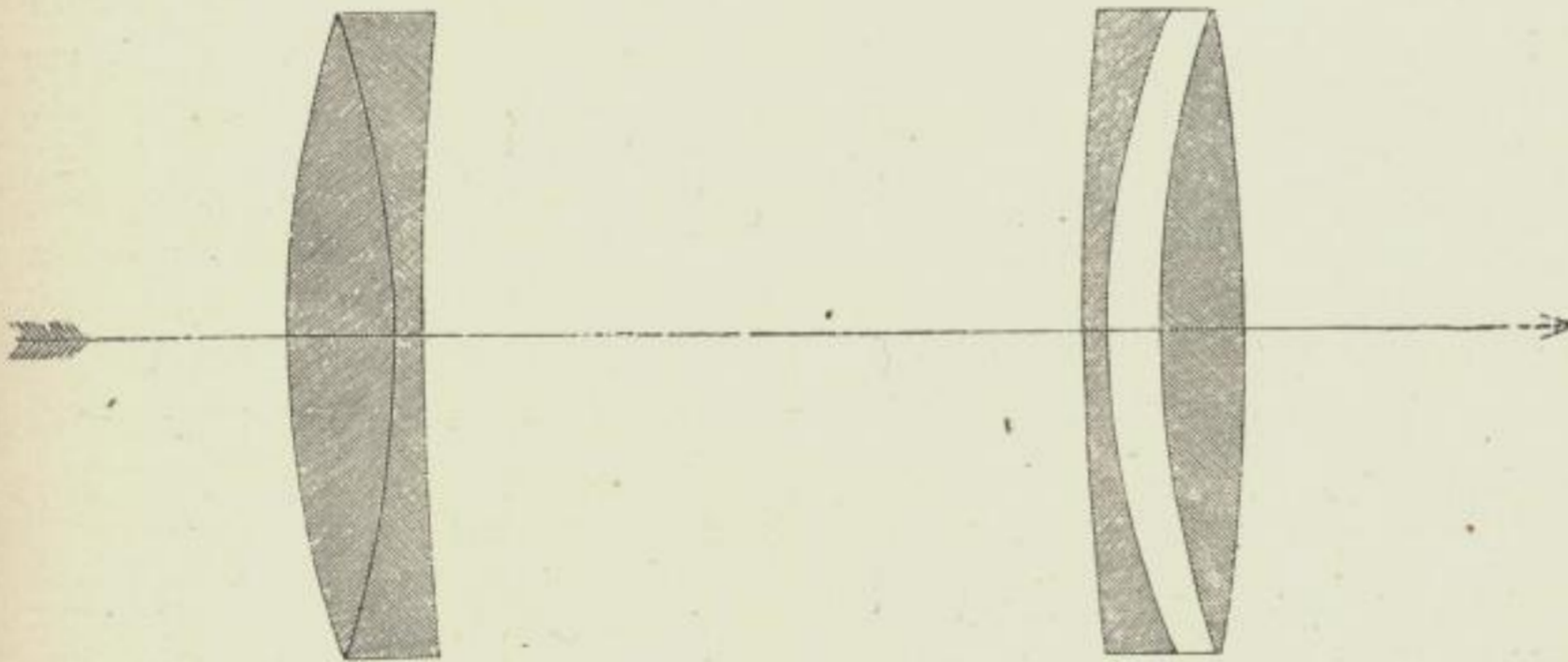


Fig. 71. Petzvals Porträtobjektiv.

und die Brennweite der hinteren Linsencombination B zu jener von A ist wie 3:2. Die Vorderlinse A ist zusammengesetzt durch die bikonvexe Crown Glaslinse a und die bikonkave Flintglaslinse b . Der Krümmungsradius von r^1 ist im Verhältnis zu der Brennweite des ganzen Objektivs wie 1:2 und der Krümmungsradius von r^4 verhält sich zu r^1 wie 5:1. Die inneren Krümmungen r^2 und r^3 sind identisch und

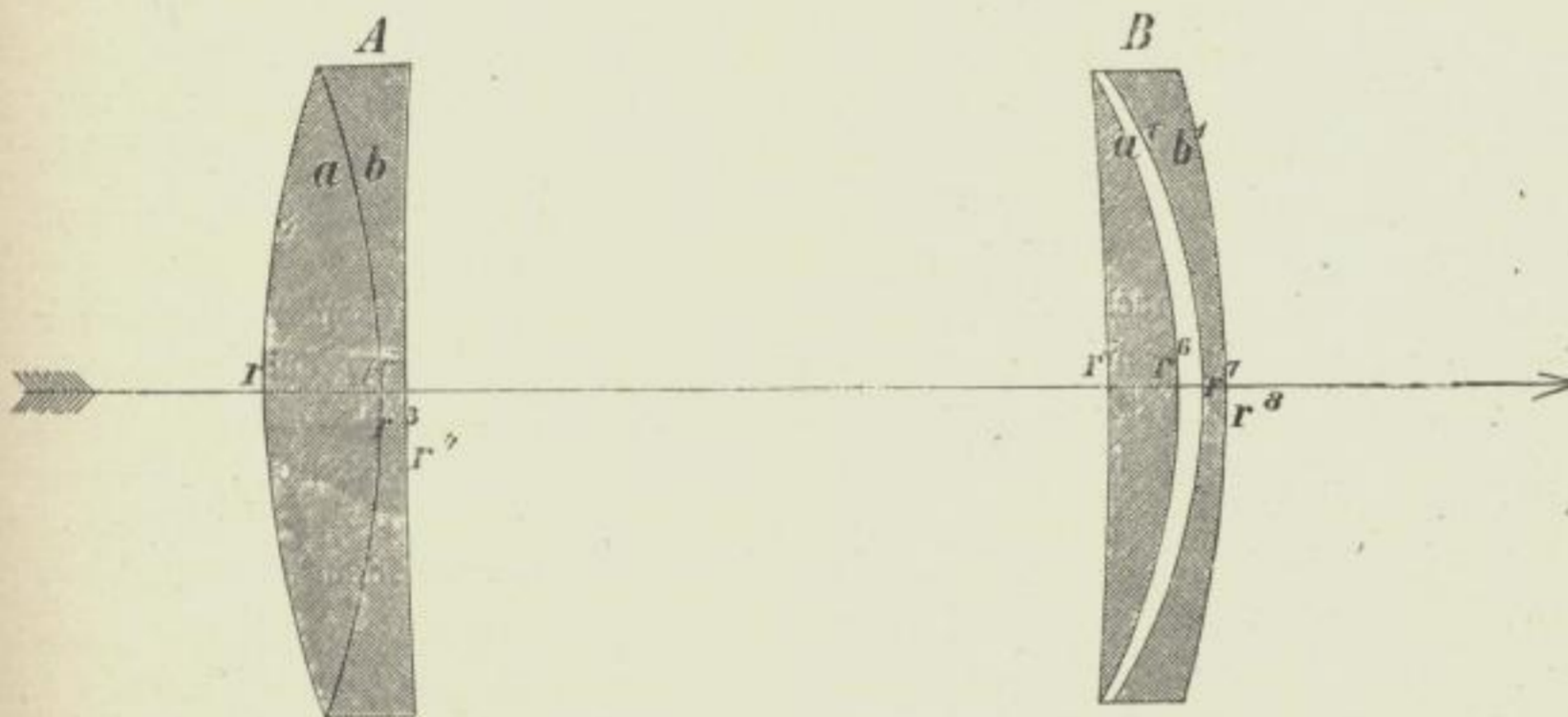


Fig. 72. Dallmeyers neueres Patent-Porträtobjektiv.

derartig verkittet, daß die Kombination achromatisch oder fast so ist, was bei Dallmeyers Glassorten dann eintritt, wenn das Verhältnis von r^1 zu r^2 wie 31:27 ist. Auf eine dem Durchmesser der Vorderlinse A gleiche Distanz ist die Kombination der Hinterlinse angebracht. Die hintere Kombination B besteht aus der Crown Glaslinse a' (mit der konkaven Seite der Vorderlinse zugewendet) und der konkav-konvexen

Flintglaslinse b' (mit der konvexen Seite nach außen). Der Krümmungsradius r^6 verhält sich zu r^1 wie 2:3 und r^8 zu r^1 wie 37:31; das Verhältnis von r^5 zu r^7 ist derartig, daß bei dem Abstände der einzelnen Hinterlinsen voneinander $c = \frac{f}{60}$ die Kombination B achromatisch ist, was bei Dallmeyers Glassorten eintritt, wenn sich r^6 zu r^5 verhält wie 1:16 und r^8 zu r^7 wie 2:1.

Dieses Objektiv ist (auch ohne Diaphragma) für die Distanz $\frac{f}{60}$ der einzelnen Hinterlinsen frei von sphärischer und chromatischer Aberration für axial oder schief einfallende Strahlen und zwar bei der Vergrößerung der Distanz derselben zwischen $\frac{f}{60}$ bis $\frac{f}{20}$. Durch die Veränderung dieser Distanz kann also das Objektiv in seinen Eigenschaften modifiziert werden (siehe oben).

III. Porträtobjektiv von Voigtländer vom Jahre 1878.

Voigtländer modifizierte im Jahre 1878 die Petzvalsche Linsenkombination für Porträte.

Die Konstruktion dieses Doppelobjektives ist aus Fig. 73 ersichtlich.

A und D sind die Linsen aus Crownglas, dessen Dichtigkeit = 2,51 und dessen mittlerer Brechungsindex $n = 1,536$ ist. B und C sind Linsen aus Flintglas, dessen Dichtigkeit 3,21 und dessen mittlerer Brechungsindex $n = 1,602$ ist. Die Entfernung der beiden Systeme $a = 5,3$, die Brennweite der Kombination AB ist gleich jener der zweiten CD und verhält sich zur Gesamtweite F wie 3:2.

Setzt man für $F = 100$, so ist:

Vorderlinse	Hinterlinse
$r = + 67,00$	$r_4 = \pm \infty$
$r_1 = + 54,17$	$r_5 = + 25$
$r_2 = - 54,17$	$r_6 = - 25$
$r_3 = - 600,00$	$r_7 = + 67$

Die Außenflächen des Objektivs sind demnach gleich gekrümmt.

Diese Konstruktion wurde nach einigen Jahren von Voigtländer nicht mehr erzeugt, sondern an ihre Stelle trat für Porträtobjektive mittlerer Helligkeit das „Porträtteuryskop“. Für größte Helligkeit behielt er das Petzvalsche System mit getrennter Hinterlinse (s. S. 86) bei.

Im Jahre 1900 brachte die Firma Voigtländer eine Objektivkonstruktion in den Handel, die bei einem nutzbaren Linsendurchmesser von 42,5 mm eine Brennweite von etwa 100 mm besitzt, also eine relative Öffnung von 1:2,3 hat. Für die Stelle der besten sphärischen Korrektur betragen die Zonen längs der Achse gemessen 0,3 mm.

Das Objektiv bildet gewissermaßen eine Ergänzung zu dem Schnellarbeiter von Voigtländer.

Claudet brachte gleichfalls an den Porträtobjektiven eine Einrichtung an, um eine gleichmäßigere Schärfe über das ganze Bild zu erhalten, indem er während der Exposition die Lage der Linse änderte, wodurch die Schärfe von der Mitte auf den Rand überging. Sein „Egalisateur des foyers“ bestand in einem Mechanismus, welcher die Distanz zwischen Vorder- und Hinterlinse im verschiedenen Verhältnisse änderte; dadurch glich sich die Schärfe aus, ohne daß die Dimensionen des Apparates geändert wurden.¹⁾

1) Bulletin de la Société franç. de Phot. 1867.

E. Busch in Rathenow konstruierte Doppelobjektive mit verstellbaren Linsenpaaren. Dieselben sind Petzvalsche Porträtobjektive, bei welchen das vordere Linsenpaar dem hinteren Linsenpaare nach Belieben genähert oder von demselben entfernt werden kann. (NB. Bei Dallmeyer geschieht dies nicht, sondern es werden die zwei einzelnen Linsen des hinteren Systems voneinander entfernt.) Das vordere Objektiv befindet sich nämlich in einem besonderen Rohr, welches in der allgemeinen Fassung verschiebbar ist. Hierdurch kann man die Schärfe nach Erfordernis auch auf den Rand des Bildes leiten. Befinden sich die Objektive so nahe, als es die Fassung erlaubt, so ist das Doppelobjektiv besonders zur Aufnahme von Gruppen geeignet, weil in diesem Falle die Schärfe am Rande des Bildes genauer ist, als wenn die Objektive weiter voneinander entfernt sind. Das Bild ist allerdings bei kürzester Entfernung der Doppellinsen mehr gekrümmt, bei Aufnahme von Gruppen, die kreisförmig aufgestellt werden, schadet dieser Umstand nicht. Bei Einzelaufnahmen stehender Figuren in großem Format sind die Linsen in der Fassung möglichst weit voneinander zu entfernen, damit das Bild klarer wird, jedoch leidet dadurch die Tiefe der Schärfe. In diesem Falle ist man, um die Tiefe zu vermehren, genötigt, eine kleine Zentralblende einzusetzen.

Ganz ähnliche Porträtobjektive erzeugte Auzoux in Paris.

In England erzeugte Swift Objektive unter dem Namen „Paragon“.

Der Universal-Paragon gehört dem Typus der Petzvalschen Porträtobjektive an. Die Form der „Planastigmat Portrait Lens“ $\frac{f}{3}$ von A. E. Staley & Co. (London) ist diejenige der modifizierten Petzval-Porträtobjektive mit umgekehrter Hinterlinse wie sie von Dallmeyer zuerst hergestellt wurde.

Die Atelier-Schnellarbeiter, Porträtlinsen, Porträtobjektive usw., wie sie von den verschiedensten optischen Fabriken hergestellt werden, sind nichts anderes als die Petzval-Porträtobjektive, in der Form, wie sie Petzval selbst oder mit umgekehrter Hinterlinse, wie sie Dallmeyer herstellte.

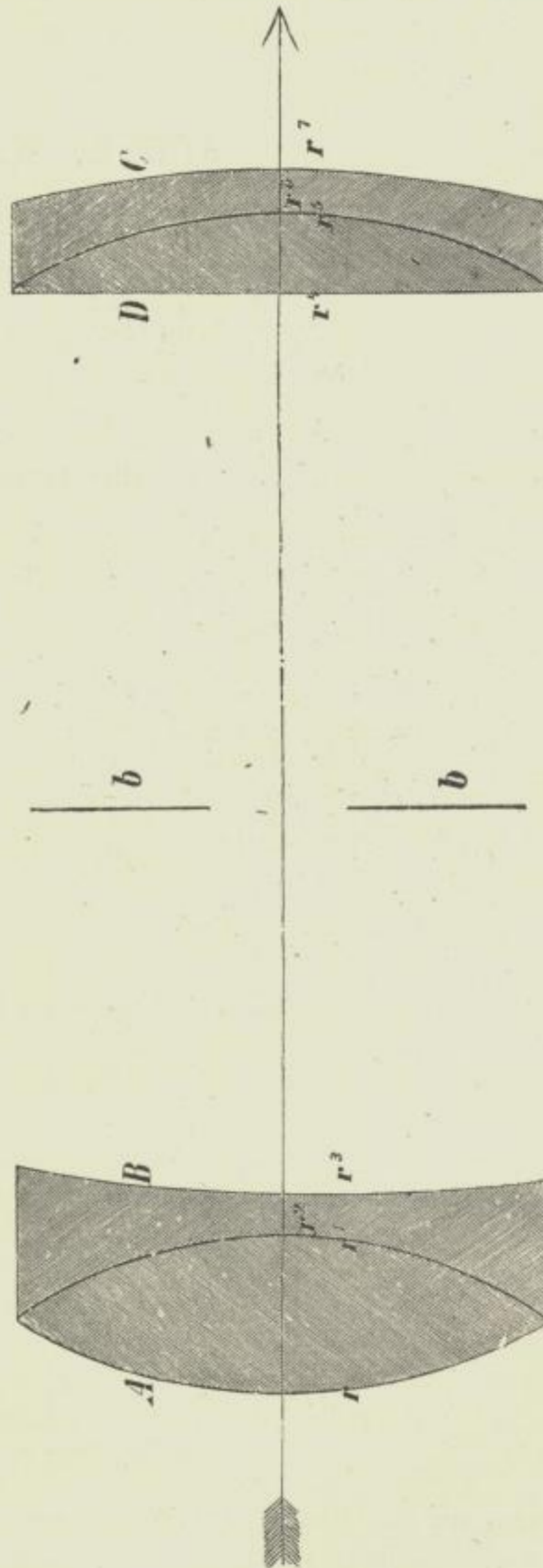


Fig. 73. Voigtländers neues Porträtobjektiv.

ACHTES KAPITEL.
PETZVALS ORTHOSKOP, SUTTONS
WASSERLINSE, KUGELINSE, BUSCHS PANTOSKOP,
STEINHEILS PERISKOP USW.

I. Das Orthoskop.

Diese nunmehr ganz außer Gebrauch gekommene Linsenform, welcher bereits auf Seite 21 und 84 dieses Werkes Erwähnung geschah, war von Prof. Petzval 1840

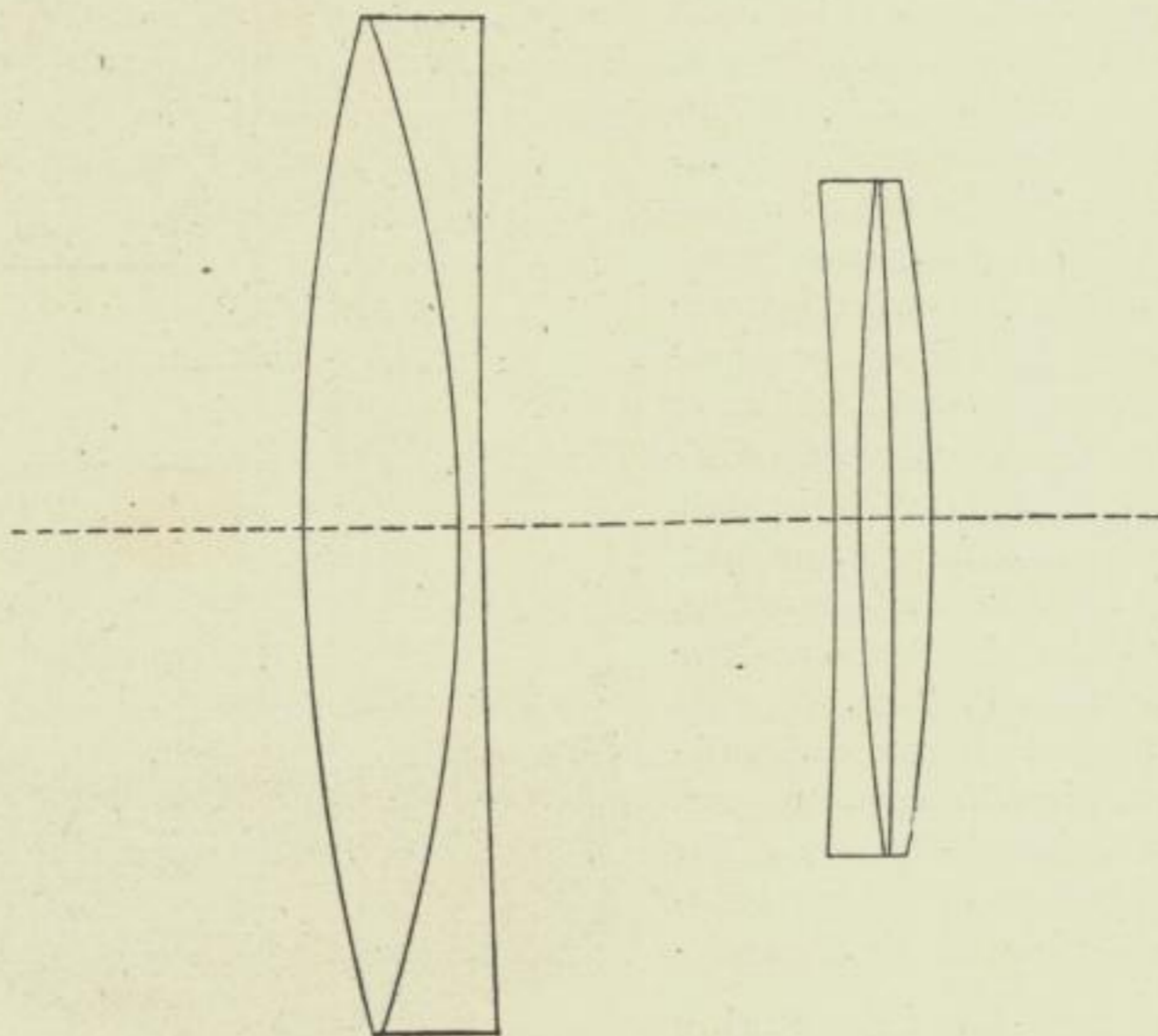


Fig. 74. Petzvals Orthoskop.

berechnet und von Dietzler in Wien einerseits und Voigtländer in Braunschweig andererseits im Jahre 1857 ausgeführt und in den Handel gebracht worden.

Um die Vorderlinse seines Porträtobjektives korrekter arbeiten zu machen, wurde eine konkave Linse hinzugefügt, welche dasselbe aplanatisch machte, nämlich fähig, mit seiner ganzen Öffnung deutliche Bilder zu liefern. Es war dies vor ungefähr 50 Jahren ein großer Fortschritt. Der Name Orthoskop, welcher von Voigtländer

herrührte, deutet auf die richtige Zeichnung des Bildes hin; übrigens war die Verzeichnung durchaus nicht ganz behoben.

In der im Patentamt zu Wien niedergelegten Beschreibung sagt Petzval: „Das neue Objektiv besteht aus zwei achromatischen Linsen, von welchen die erste sowohl wie auch die zweite wieder aus zwei Bestandteilen, nämlich einer Crown- und einer Flintglaslinse, zusammengesetzt ist. Der Crown- und Flintglasbestandteil der ersten Linse ist bikonvex, die schwächere Krümmung nach außen gekehrt; mit der zweiten stärkeren Krümmung fügt er sich genau in die Flintglaslinse und ist mit derselben zusammengekittet. Diese Flintglaslinse ist bikonkav, mit ihrer flachen zweiten Krümmung so, daß die ganze zusammengesetzte und vermöge dieser Zusammensetzung achromatische Linse beinahe plankonvex, streng genommen aber an der einen der Außenseite beträchtlich konvex und an der inneren sehr wenig konkav erscheint. In einem Abstand, der zwischen $\frac{1}{12}$ und $\frac{1}{16}$ der Brennweite der ersten Linse betragen kann, befindet sich die zweite achromatische Linse, bestehend aus einem vorderen Crown- und einem hinteren Flintglasbestandteile, die beide eine etwas geringere Öffnung haben, als die erste achromatische Linse. Der Crown- und Flintglasbestandteil ist bikonkav und kehrt seine stärkere Krümmung der ersten achromatischen Linse, seine schwächere dem

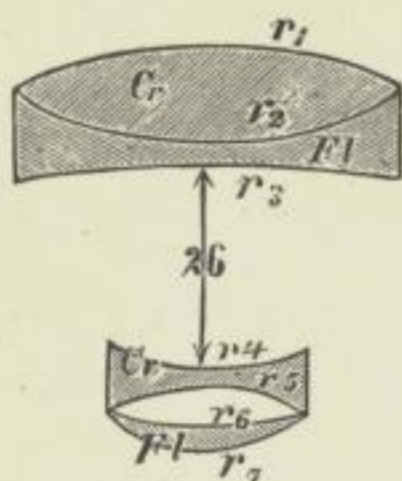


Fig. 75. Orthoskop. $f = 286$ mm.

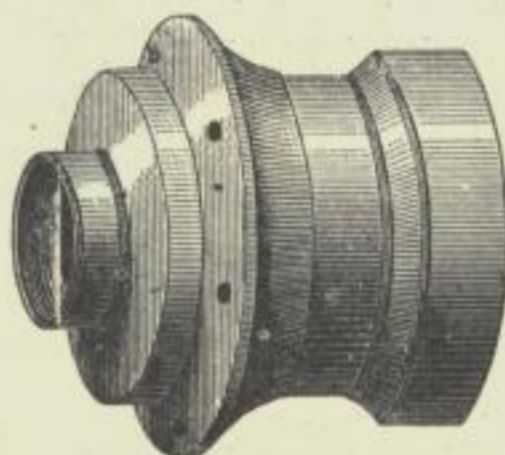


Fig. 76. Voigtländers Orthoskop.

Inneren des Apparates zu; der zweite, der Flintglasbestandteil, ist konkav-konvex und es ist die konvexe Fläche dem Inneren der Camera obscura zugewendet in der Stellung und den Dimensionen, wie sie die vorliegende Zeichnung aufweist.“

Das Orthoskop, wie es von Voigtländer ausgeführt wurde, besteht aus zwei Linsenpaaren von ungleichem Durchmesser. Das vordere Objektiv ist verkittet, es ist mit dem Vorderobjektiv der alten Petzvalschen Porträtobjektive identisch. Die hintere Kombination ist aus einem doppelkonkaven Crown- und einem konkav-konvexen Flintglas zusammengesetzt.

Die Gläser sind Hart Crown $n_D = 1,517$

Leichtflint $n_D = 1,575$.

Die Halbmesser der Krümmungen sind für $f = 100$:

$$r_1 = 27,63; \quad r_2 = 21,83; \quad r_3 = -262,48; \quad r_4 = -69,07;$$

$$r_5 = -39,08; \quad r_6 = -101,30; \quad r_7 = 27,63.$$

Der Durchmesser der vorderen Linse ist 14 mm, der der hinteren 9 mm. (Fig. 75.)

Innerhalb enger Grenzen konnte die Hinterlinse gegen die Vorderlinse verstellt werden, um die sphärische Abweichung etwas zu ändern und den sogenannten tiefen Fokus zu erzielen. Das Orthoskop war auf Anregung des k. k. Militärgeographischen Institutes entstanden, aber doch mehr für die Abbildung von Gegenständen in größeren Entfernungen geeignet. Es war auf die Lichtstärke weniger Wert

gelegt (bei 79 mm Öffnung hatte es 690 mm Brennweite), dagegen sollte ein großes, möglichst gleichförmig beleuchtetes Gesichtsfeld und große Schärfe erzielt werden. Bei Aufnahme von Gegenständen in natürlicher Größe zeigte das Orthoskop indessen einen merkbaren Zuwachs an sphärischer Abweichung. Das Bildfeld der Linse hatte am Scheitel eine Krümmung von 2120 mm Halbmesser. Petzval suchte diesem Übelstand dadurch zu begegnen, daß er vorschlug, die zu kopierende Karte auf ein biegsames Brett zu spannen und dieses im gebogenen Zustand zu photographieren.

Fig. 76 zeigt die Form, die Voigtländer dem Instrumente gab; er brachte die Blenden an der Verengung hinter dem Objektiv an, indem er runde Metallscheiben mittels einer zentral durchbohrten Kappe aufsteckte. Harrison und Schnitzer in New York gaben dem Objektiv die Form Fig. 77 und

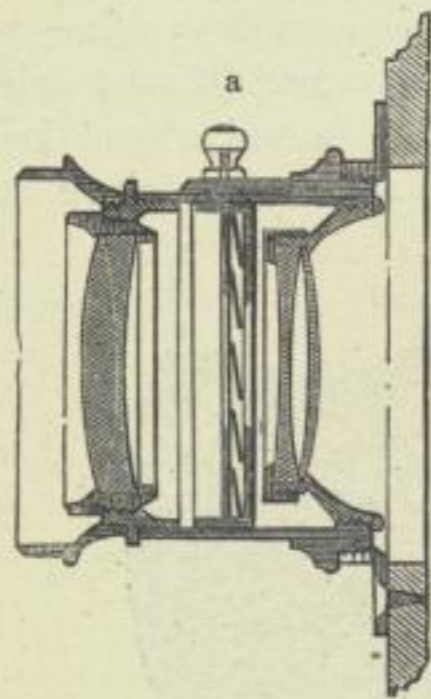


Fig. 77.

a. Harrison und Schnitzers Orthoskop. b. Blende dazu.

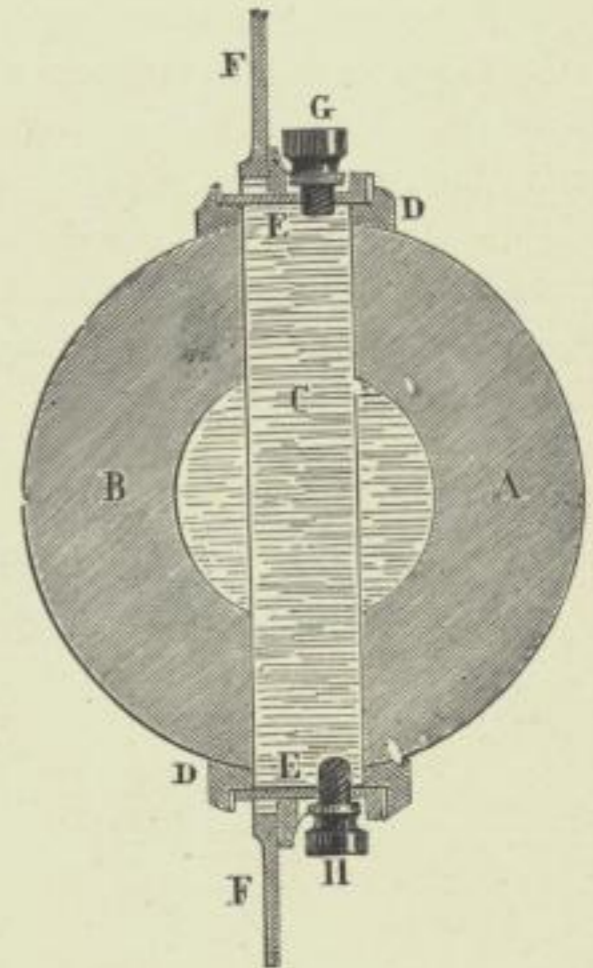


Fig. 78. Suttons Panoramalinse.

brachten das Diaphragma, welches aus sensenförmigen und wie Ziegel aufeinanderliegenden Messingplatten gebildet wurde, zwischen beide Linsen.

Das Orthoskop besitzt beträchtliche Tiefe und gibt brillante Bilder (besser als Triplet oder Kugellinse) zeichnet aber die Linien nicht ganz korrekt, sondern biegt sie ein wenig nach einwärts, deshalb ist es zur Reproduktion von Monumenten, Zeichnungen usw. nicht gut verwendbar. Es ist ganz außer Gebrauch gekommen. Die Blende bei Fig. 77 zeigt eine sehr frühe Form der Irisblende.

II. Suttons Panoramalinse und andere Flüssigkeitslinsen.

Historisch interessant ist die Panoramalinse Suttons (patentiert in England am 28. September 1859), deren Leistungen ebenso merkwürdig sind, als ihre Konstruktion eigentümlich ist. Sie war der Ausgangspunkt zur Konstruktion der Kugellinse.

Zwei Linsen von konzentrischer Krümmung, A und B, Fig. 78, sind in einem Ringe D befestigt. Der hohle Raum C wird mit Wasser gefüllt. Das Ganze läßt sich an den Ring F schrauben, welcher an der Kamera befestigt ist. Die Idee Suttons wurde von dem englischen Optiker Ross nicht nur mit Sorgfalt ausgeführt, sondern auch durch praktische Verbesserungen vervollkommenet. Die Linse gab so stark gewölbte Bilder, daß das zur Aufnahme verwendete Glas stark gekrümmt werden mußte.

Fig. 79 stellt den vollständigen Apparat dar, dessen einzelne Teile wir hier nicht näher beschreiben wollen, weil er schon längst veraltet ist.

In kurzen Worten soll noch von zwei neueren Flüssigkeitslinsen die Rede sein. Schon Burattini hatte 1672 die Idee, hohle Glaslinsen mit Flüssigkeit zu füllen und

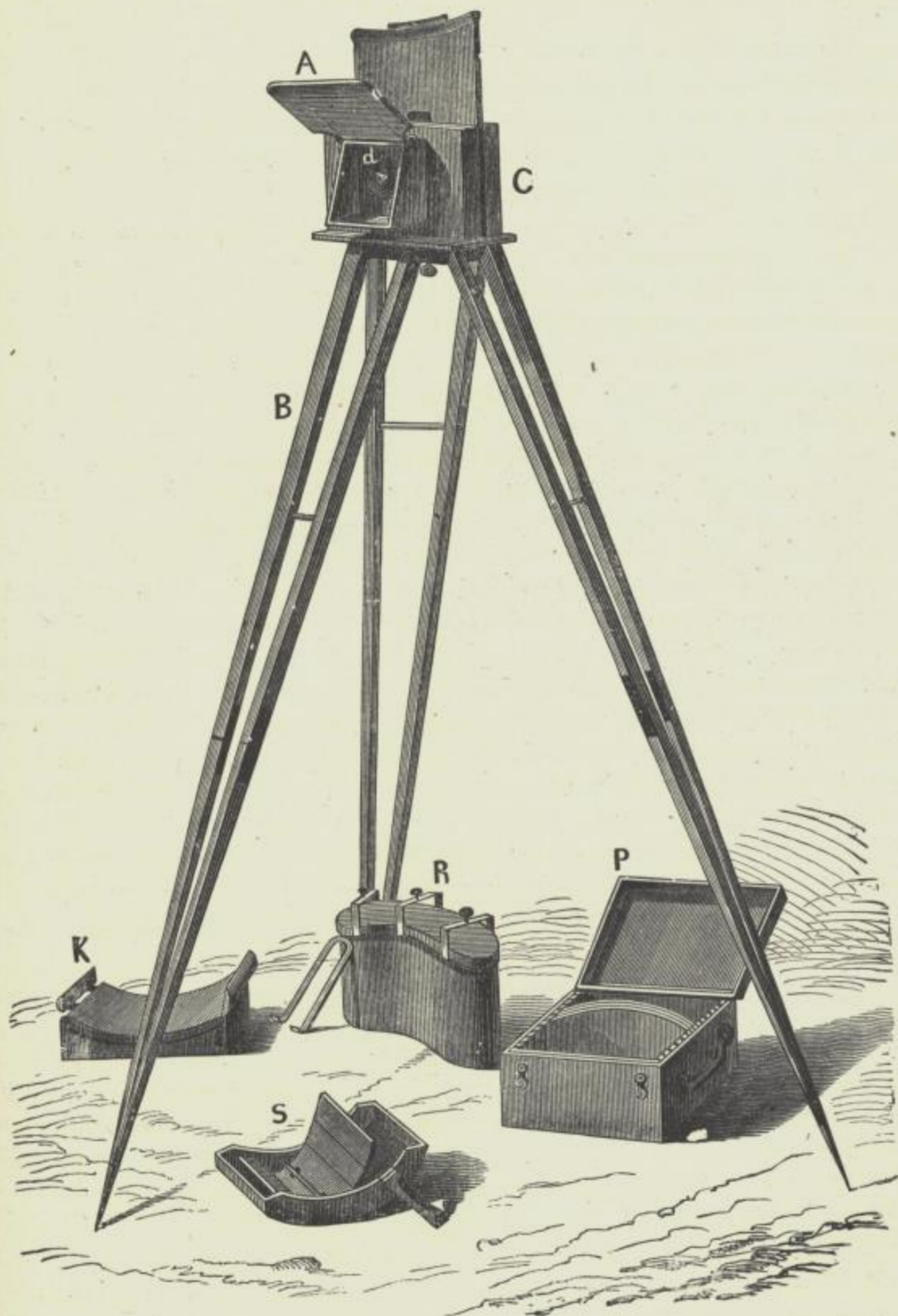


Fig. 79. Suttons vollständiger Apparat.

sie dann zu optischen Zwecken zu verwenden. Im 18. Jahrhundert hatten sowohl Euler in Deutschland als Blair in England astronomische Objektive mit Flüssigkeiten gebaut. Später hat Archer, bekannt durch den Kollodiumprozeß, Linsen mit

flüssigem Inhalt angegeben. Eine solche, noch heute gefüllt, wird im Museum der Royal Photographic Society in London aufbewahrt. Angeblich ist eine Antimon-salzlösung zur Füllung benutzt. E. F. Grün konstruierte nun im Jahre 1901 ein photographisches Objektiv, welches die Helligkeiten $\frac{f}{1,5}$ und $\frac{f}{0,84}$ besitzen sollte, also außerordentlich lichtstark wäre. Das Prinzip des Objektivs beruht auf der Verwendung von Flüssigkeiten von ähnlichem Lichtbrechungsvermögen wie jene der Gläser, die jedoch hier nur als Kuvetten dienen. Die „Fluid Lens“ von E. F. Grün ist eine Kombination von Flint-, Crownglas und Flüssigkeitslinsen. Die Flüssigkeit hatte ein Brechungsvermögen von 1,4930.

Mit dieser lichtstarken Linse stellte Grün Porträtaufnahmen bei Gaslicht und kurz exponierte Aufnahmen von Theaterszenen, sowie das Innere eines Hippodroms bei gewöhnlicher elektrischer Beleuchtung her. Grün machte auch die Angabe, die Tiefe seines Systems sei dieselbe wie die eines Rektilinear. Gegen die Veröffentlichungen Grüns wurden verschiedene Bedenken erhoben. E. v. Hoegh stellte fest, daß Flüssigkeitslinsen für Temperaturschwankungen von 2°C schon so empfindlich seien, daß die Bilder unbrauchbar werden würden. Im „Brit. Journ. of Phot.“ 1902 S. 479 und 995 veröffentlichte nun Grün seine Untersuchungen über die Abhängigkeit des Brechungsindex von der Temperatur und fand zwischen 16 bis 75°C eine Differenz von 0,021. Jedenfalls sind die Bedenken von E. v. Hoegh damit nicht beseitigt, da auch ganz geringe Temperaturunterschiede in der Flüssigkeit eine Bewegung in derselben hervorrufen müssen, die der Schärfe des Bildes sicher sehr schädlich sein werden. Aus diesen Gründen werden die Flüssigkeitslinsen trotz ihrer großen Helligkeit nicht berufen sein, die anderen Objektive zu ersetzen. Dieses gilt auch von der Flüssigkeitslinse von Karl Meyering (1905). Sie bestand aus zwei mit der Hohlseite gegeneinander gerichteten dünnen Glasschalen, die mit einer Flüssigkeit gefüllt und mittels Wasserglas und nachfolgender Behandlung mit Salzsäure gekittet waren — eine Verkittung, die sich als nicht besonders haltbar erwiesen hat. Zudem hat dieses „neue Flüssigkeitsobjektiv“ (s. Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 250 und 1906, S. 295) alle Fehler einer einfachen Bikonvexlinse. Von einem Vergleich mit modernen photographischen Objektiven wie auch von dem Anspruch auf „Neuheit“ kann natürlich nach Obigem nicht die Rede sein.

III. Das Kugelobjektiv.

Harrisons Kugelobjektiv¹⁾ (Globe Lens, Objective Globe), welches am 13. Oktober 1860 in England patentiert wurde²⁾, diente zur Aufnahme von Ansichten, Architekturen und Zeichnungen usw. Es war das erste Weitwinkelobjektiv und bestand aus zwei gleichen, achromatischen Menisken, deren Entfernung eine derartige ist, daß die äußeren Flächen der Menisken verlängert, sich zu einer und derselben Kugelfläche vereinigen, daher der Name.

Die Linsen sind aus Flint- und Crownglas zusammengekittet. Die Blenden (Rotationsblenden) sind in der Mitte zwischen Vorder- und Hinterlinse eingebaut. Die Instrumente von Gasc und Charconnet zeigen nach Monckhoven folgende Konstruktion:

1) Phot. Archiv. 1864. S. 7. Monckhoven, Phot. Optik. Wien 1866, übersetzt von A. Martin. S. 130.

2) Es erschien fast gleichzeitig mit dem Dallmeyerschen Triplet.

Krümmungsradius der 1. Oberfläche (Crown), äußere	1412
" " 2. " " 	2403
" " 3. " (Flint)	2403
" " 4. " " 	1620
Linsendurchmesser	1875
Dicke des Meniskus (an seinem Zentralteil)	231,5
Entfernung auf der Achse gemessen (von den äußeren Flächen)	2824
Absolute Fokallänge	10,000,7
Öffnung des größten Diaphragmas $\frac{f}{36}$	= 277,7
" " kleinsten " $\frac{f}{72}$	= 138,8
Dichtigkeit des Crownlases 2,543 ($n_H = 1,53$)	
" " " 3,202 ($n_H = 1,60$).	

Harrisons Kugelobjektiv gab ein Bild von 75 Grad; es war frei von Verzeichnung, besitzt keinen chemischen Fokus, brauchte aber sehr kleine Blenden (höchstens darf der Durchmesser der Blende $\frac{1}{36}$ der Brennweite sein), da sonst das Bild auf seiner ganzen Fläche unscharf war. Die Notwendigkeit, sehr kleine Blenden anzuwenden, macht das Instrument nicht nur lichtschwach, sondern verschuldet auch, daß bei den damit aufgenommenen Bildern der Vordergrund meist unterexponiert ist, während der Horizont solarisiert ist; es arbeitet gut bei Panoramen ohne Vordergrund, läßt aber Brillanz und Relief vermessen, wenn im Bild viel Vordergrund ist (Fig. 80).

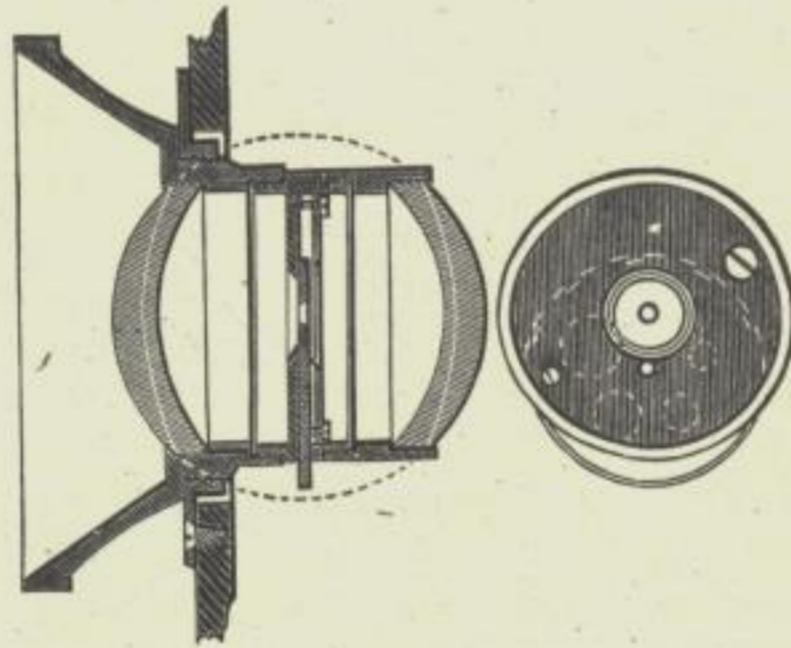


Fig. 80. Harrisons Kugelobjektiv.

Wenn man die Vorderlinse abschraubt, so daß nur die hintere nebst den Blenden an der Fassung bleibt, so läßt sich die Hinterlinse für sich allein verwenden; die Brennweite verlängert sich dann ums Doppelte, das Bild ist aber nicht ganz korrekt.

Später (um 1864) haben namentlich Hermagis, Gasc und Charconnet in Paris das Kugelobjektiv, letzteres unter dem Namen Augenlinse, Lentiforme de l'oeil¹⁾ (Gesichtsfeldwinkel 70 bis 85 Grad), eingeführt; Français sowie Auzoux in Paris nennen es Globe Lens.

Der letztere brachte Kugellinsen von längerer Brennweite und 90 Grad Gesichtswinkel und solche von kürzerer Brennweite (lichtstärker) und 120 Grad in den Handel.

Die Kugellinsen wurden in den sechziger Jahren vielfach verwendet, weil sie damals die einzigen waren, welche ermöglichten, Monumente bei kurzer Aufstelltdistanz ohne Verzerrung zu reproduzieren; sie wurden durch die Tripletlinsen und Pantoskope, und dann durch die Aplanate, Rektilinearobjektive, Euryskope und Anastigmaten überflügelt.

1) Phot. Korresp. 1864. S. 147.

IV. Das Busch'sche Pantoskop.

Das Pantoskop von Emil Busch in Rathenow wurde schon vor den Steinheilschen Aplanaten im Jahre 1865 konstruiert. Es war ein Mittelding zwischen Periskop und Kugelobjektiv und hatte namentlich vor dem letzteren den größeren Gesichtsfeldwinkel von 105 Grad voraus.

Es besteht aus zwei ganz gleichen, stark gewölbten achromatischen Menisken (Fig. 81 und 82), wovon die äußeren stark gewölbten Crown-glas, die inneren Flintglas sind. Die beiden äußeren Linsenflächen sind stark gewölbt, haben aber keinen gemeinschaftlichen Mittelpunkt wie die Linsen des Kugelobjektives und liegen daher nicht wie diese in einer Kugel. Die Brennweite des Pantoskopes ist bei gleicher Linsenöffnung etwas größer, als die des Kugelobjektives.

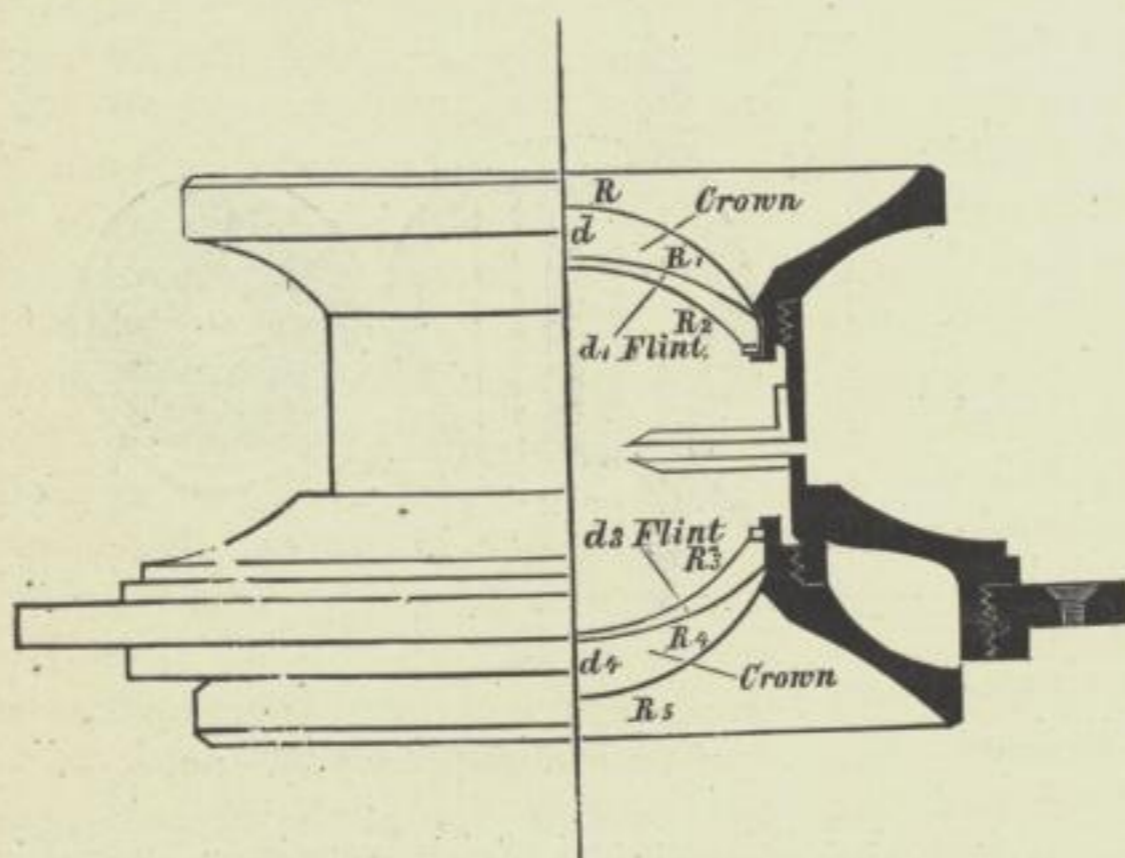


Fig. 81. Busch' Pantoskop.



Fig. 82.
Busch' Pantoskop.

Die Konstruktionselemente für $f = 100$ sind folgende:

Öffnungsverhältnis = 1 : 30,4.

$$\left. \begin{array}{l} d = 3,6 \quad R = + 7,45 \\ d_1 = 0,4 \quad R_1 = - 10,39 \\ \quad \quad R_2 = - 7,63 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Crown} \\ \text{Flint} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} d \\ d_1 \end{array}} \right\} \text{Vorderlinse.}$$

$$d_2 = \text{Abstand} = 25,5.$$

$$\left. \begin{array}{l} d_3 = 0,4 \quad R_3 = - 7,63 \\ d_4 = 3,6 \quad R_4 = + 10,39 \\ \quad \quad R_5 = + 7,45 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Flint} \\ \text{Crown} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} d_3 \\ d_4 \end{array}} \right\} \text{Hinterlinse.}$$

$$\text{Crown } n = 1,5331,$$

$$\text{Flint } n' = 1,6079.$$

Es ist nicht aplanatisch und arbeitet deshalb nur mit kleinen Blenden, deren Öffnung $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{30}$ der Brennweite $\left(\frac{f}{40} - \frac{f}{30}\right)$ ist. Mit Blenden arbeitet es sehr tief, das Bild ist plan, die Zeichnung korrekt,

sehr scharf und ohne Verzeichnung bis zum Rande. Es ist lichtstärker als das Kugelobjektiv und übertrifft dieses, wenn die Blendenöffnungen so weit vergrößert werden, daß es an Schärfe mit dem Kugelobjektiv übereinstimmt, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ mal an Lichtstärke. Bei gleicher Blendenöffnung zeichnet das Pantoskop schärfer als das Kugelobjektiv. Das Pantoskop war in den sechziger Jahren neben dem Kugelobjektiv das einzige Objektiv, welches Architekturen, Panoramas usw., sowie sehr nahe gelegene hohe und breite Gegenstände aufzunehmen gestattete.

Das Bild ist in der Mitte weit stärker beleuchtet, als am Rande. Dieser Übelstand kann dadurch beseitigt werden, daß man, nachdem ein Viertel der Expositionszeit vorüber ist, eine an einem Draht befestigte runde schwarze Pappscheibe (2 bis 4 Zoll Durchmesser) aus freier Hand etwa 6 bis 8 Zoll vor dem Objektiv in kurzen Schwingungen pendeln läßt und zwar während des zweiten und dritten Viertels der Exposition, so daß das Pantoskop während des letzten Viertels frei arbeitet (vergl. auch weiter unten, bei „Sternblenden“).

Jetzt verwendet man statt des Pantoskopes Weitwinkelaplanate oder noch besser Weitwinkelanastigmaten.

V. Das Rossche Doppelobjektiv.

Das Doppelobjektiv von Thomas Ross wurde um das Jahr 1865 konstruiert.¹⁾ Es hat geringere sphärische Abweichung als das Kugelobjektiv, was die Anwendung größerer Blenden gestattet. Es umfaßte einen Winkel von 80 Grad, war frei von Verzeichnung, hatte eine große Tiefe der Schärfe, aber sonst dieselben Nachteile, wie das Kugelobjektiv (lichtschwach infolge allzu kleiner Blenden). Es bestand aus zwei achromatischen Linsen EE' und PP' (die Linsen PP' sind dem zu reproduzierenden Objekt zugewendet). Jede dieser beiden Linsen konnte einzeln als einfaches Objektiv verwendet werden. Die Diaphragmen, deren größte $\frac{1}{15}$ von der Brennweite Öffnung hat und deren kleinstes $\frac{f}{45}$ ist, sind in der Mitte bei J' angebracht, und gerade so konstruiert wie die des Kugelobjektives. Der Schieber Z gestattet das Objektiv unabhängig vom Deckel zu öffnen und zu schließen. (Monckhoven.)

Dieses Objektiv ist gegenwärtig ganz außer Gebrauch gekommen und von den Aplanaten und Anastigmaten überflügelt worden.

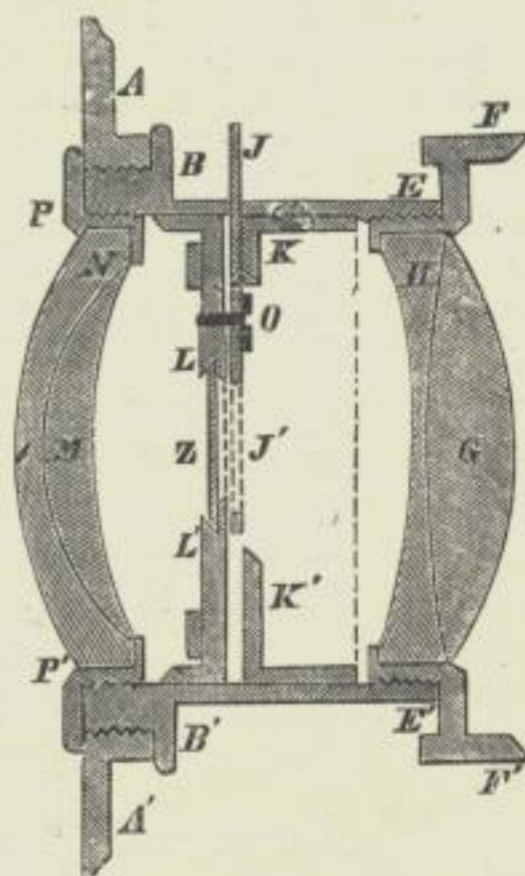


Fig. 83. Ross' Doppelobjektiv.
 $f = 110$ mm.

1) Bull. Soc. franç. 1865. S. 246; aus Brit. Journ. Phot.

VI. Steinheils Periskop und Zentmeyers Linse.

Dieses in neuerer Zeit fast vergessene Objektiv wurde Dr. Steinheil im Jahre 1865 patentiert und von ihm in Gemeinschaft mit Voigtländer hergestellt. Es besteht aus zwei Menisken CE und DF aus Crown glas, deren konkave Flächen sich zugewendet, und welche unter sich gleich sind, zwischen beiden in gleicher Distanz von den Linsen ist das Diaphragma LL' angebracht (Fig. 84).

Dieses Objektiv ist das beste, welches mit Hilfe zweier einfacher, nicht achromatischer Linsen erzeugt werden kann, es besitzt freilich einen chemischen Fokus, welcher nach jeder Einstellung eine Regulierung notwendig macht, jedoch ist diese Regulierung einfach und leicht, weil die Größe, um welche die Brennpunktebene gegen das Objektiv nach vorn bewegt werden muß, immer ein Bruchteil der Fokusdistanz ist, d. h. $\frac{1}{40}$ dieser Entfernung. Außerdem ist die Fokustiefe dieses Objektives so beträchtlich, daß ein kleiner Irrtum bei dieser Regulierung die Schärfe des Bildes durchaus nicht wesentlich beeinträchtigen würde. Die einfallenden Lichtbündel bilden mit der Achse denselben Winkel vor dem Eintritt und nach dem Austritt aus dem Objektiv. Der optische Mittelpunkt fällt in die Mitte der Entfernung der beiden Menisken auf die optische Achse.

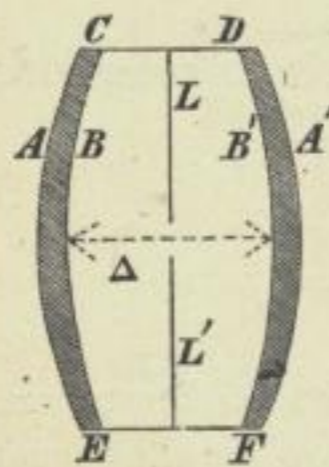


Fig. 84.
Steinheils Periskop.

Es ist ebenso wie alle symmetrischen Doppelobjektive, wie z. B. das Kugelobjektiv, ganz frei von Verzeichnung. Die Bildfläche der Periskopobjektive ist sehr eben; es ist dies die beste Linsenart, welche sich mittels zweier gleichartiger Glassorten erzeugen läßt.

Der Bildwinkel ist 100 Grad, der Durchmesser des Objektivs sehr klein und ein Objektiv von 11,2 mm Durchmesser und 8,9 cm Brennweite gibt ein Bild von 17,6 cm. Das Periskop war gänzlich außer Gebrauch gekommen. In neuerer Zeit wurde mit Recht dem Periskop wieder Beachtung geschenkt, weil es so lichtstark ist, daß man Momentaufnahmen von großem Bildwinkel machen kann und die minimale Fokusdifferenz bei Detektivkameras vollkommen durch einmalige fixe Einstellung eliminieren kann. In Amerika, sowie von Steinheil in München wurden diese Objektive vielfach zu diesem Zweck hergestellt.

Durchmesser der Linsen	12,56
Krümmungshalbmesser der Flächen A und A' +	17,53
" " " " " B und B' -	20,76
Δ die Entfernung der beiden Linsen	12,56
	oder 8,29
Dicke der Linsen auf der Achse gemessen . . .	1,26
Brechungsindex: $n_v = 1,5233$	
$n_o = 1,5360$	
Fokuslänge des Systems (optischer Fokus) f_o . .	100,00
" " " " (chemischer Fokus) f_v . .	97,54
Öffnung des Diaphragmas $\frac{f}{40}$	2,5.

Zentmeyer in Philadelphia konstruierte 1866 eine Weitwinkellinse, die ähnlich dem Steinheilschen Periskop nur aus einer Glassorte besteht, sich aber von dieser dadurch unterscheidet, daß sie nicht symmetrisch ist, sondern eine kleine Vorderlinse und Hinterlinse enthält, deren äußere Flächen konzentrisch sind. Die Linse arbeitete

mit kleiner Zentralblende und besaß angeblich keinen chemischen Fokus, was nicht möglich ist, wenn die Glasmasse der beiden Linsen identisch war.

Die „Bistigmate“ der optischen Firma G. Rodenstock (München) sind lediglich Nachahmungen der Steinheilschen Periskope. Die Korrektur des chemischen Fokus geschieht hier jedoch durch Verschiebung des Tubus.

Die Elemente für ein Objektiv von 12 cm Fokus sind:

$$r_0 = +18 \text{ cm}$$

$$r_\infty = -22,5 \text{ cm.}$$

Abstand der Linsen . . . = 20 mm
 Durchmesser der Linsen . = 17 „
 Die größte Blende ist . . . 8 „

Die Gläser sind sehr leichtes Crownglas von niedrigem Brechungsindex und geringer Zerstreuung.

F. A. Goltz in Berlin erzeugte seit 1896 „Ortholineare“, welche den Periskopen entsprechen, wie auch die „Biperiskope“ von Busch den Steinheilschen Periskopen nachgebildet sind.

Die Firma C. P. Goerz in Berlin-Friedenau bekam auf ein dem Periskop ähnliches Objektiv ein D. R. P. Nr. 126500 vom 21. Juni 1900. Dasselbe wird unter den Namen „Hypergon“-Doppelanastigmat in den Handel gebracht. Es ist symmetrisch

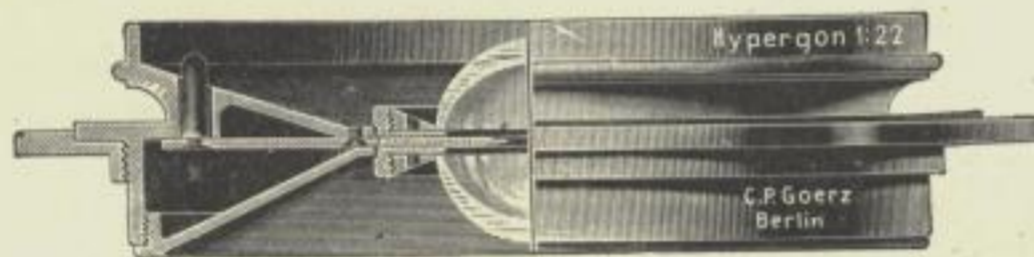


Fig. 85. Goerz' „Hypergon“.

gebaut und astigmatisch korrigiert, jedoch nicht sphärisch und chromatisch. Man ist deshalb gezwungen mit kleinen Blenden zu arbeiten. Bis zu Brennweiten von 9 cm empfiehlt es sich, als größte Blende $\frac{f}{30}$ zu nehmen (Fig. 85).

Die astigmatische Bildfeldebnung ist bis zu einem Winkel von 135° erreicht. Vollständig verschwinden die Zwischenfehler bei folgenden Elementen:

$$F = 100$$

$$\left. \begin{aligned} r_1 = r_4 = +8,574 \\ r_2 = r_3 = -8,631 \end{aligned} \right\} \text{ Radien}$$

$$d_1 = d_2 = 2,212 \text{ Dicken}$$

$$b_1 = 6,893 \text{ Blendenabstand.}$$

Doch führt Goerz aus verschiedenen Gründen das Objektiv mit folgenden Daten aus:

$$F = 100$$

$$\left. \begin{aligned} r_1 = r_4 = +8,471 \\ r_2 = r_3 = -8,510 \end{aligned} \right\} \text{ Radien}$$

$$d_1 = d_2 = 2,206 \text{ Dicken}$$

$$b_1 = 6,796 \text{ Blendenabstand}$$

$$n = 1,52053.$$

Die Höhe der Brechungsexponenten des angewandten Glasmaterials ist ohne erheblichen Einfluß auf die Beschaffenheit des Bildes. Infolge des großen Bildwinkels ist es natürlich, daß das Objektiv hauptsächlich zu Innenraum- und Panoramaaufnahmen Verwendung findet.

VII. Triplet-Objektive.

Porro hatte 1847 ein Objektiv mit drei Linsen in der Absicht konstruiert, die Gleichmäßigkeit und Deutlichkeit des Bildes gegen den Rand zu vermehren. Er beschrieb es 1856 näher und nannte dieses so konstruierte Objektiv „Objectif analatique“; es bestand wesentlich aus drei Linsen, wovon sich zwei fast berührten und die dritte in einiger Entfernung angebracht war.¹⁾

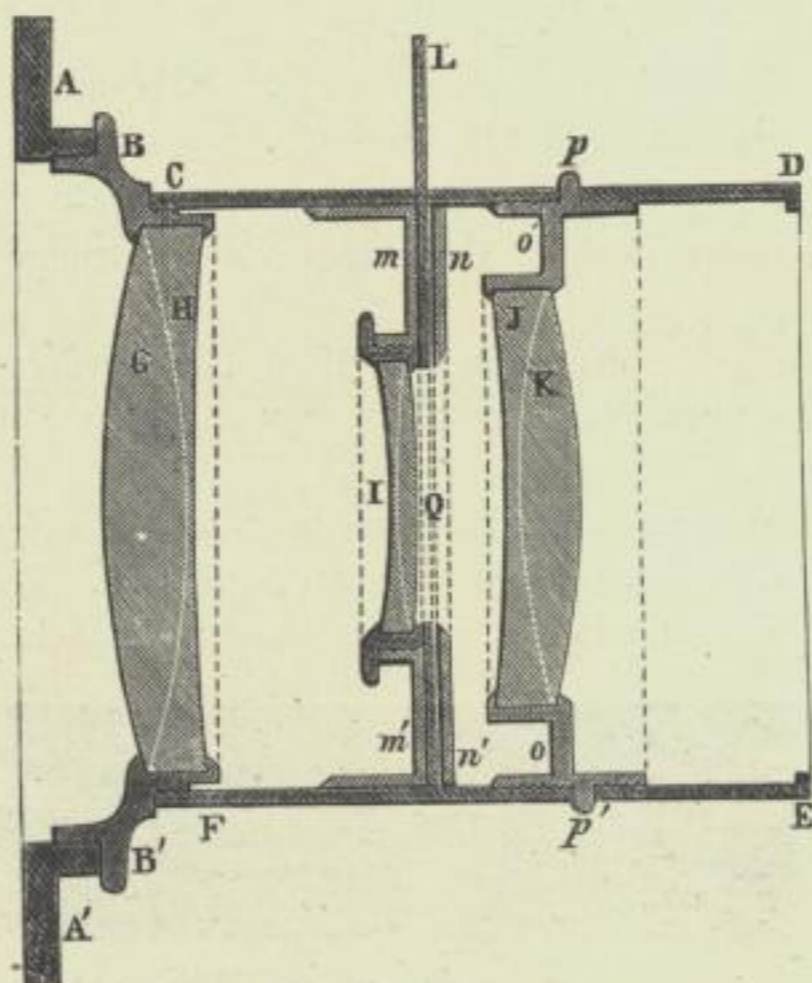


Fig. 86. Dallmeyers Triplet-Linse. $f = 177,8$ mm.

Durchmesser der Vorderlinse JK	1 714
Crownglas bikonvex {	
+ R	3 128
+ R	2 386
Flintglas bikonkav {	
- R	2 386
- R	20 228
Durchmesser der negativen Kombination IQ	1 071
Flintglas bikonvex {	
+ R	14 200
+ R	4 528
Crownglas bikonkav {	
- R	4 528
- R	3 200
Durchmesser der Kombination HG	2 286
Flintglas bikonkav {	
- R	30 300
- R	3 557
Crownglas bikonvex {	
+ R	3 557
+ R	4 728
Entfernung der Linsen HG, JH	1 257
Fokuslänge des Systems	10 000
Größte Diaphragma-Öffnung $\frac{f}{10} =$	1 000
Kleinste " " $\frac{f}{30} =$	333

1) Horns Phot. Journ. Bd. 4, S. 13 und Bd. 9, S. 74.

Photographische Objektive mit drei Linsen, sog. Tripel-Linsen oder Triplets, wurden auch 1853 von Scott Archer verwendet, indem er zwischen die Linsen eines Petzvalschen Porträtobjektivs, welches zu Interieur-Aufnahmen eine zu lange Brennweite hatte, eine schwach konkave Linse von kleinem Durchmesser statt des Diaphragmas einschob. Auch Sutton (1859¹⁾ und Derogy konstruierten Tripletlinsen.

Dallmeyer berechnete 1861 eine neue korrekt zeichnende Tripletlinse und kurz darauf fertigte Ross nach einem verbesserten Plane Suttons ebenfalls eine Tripletlinse an.²⁾ Von allen diesen fand die von Dallmeyer und die von Busch in Rathenow angefertigte, am meisten Verbreitung, nicht nur über England, sondern auch am Kontinente, da sie ganz frei von Verzeichnungen war und besonders zu architektonischen und Reproduktionszwecken geeignet war. Zu Gruppenaufnahmen findet sie wohl nur äußerst selten Anwendung.

Die Tripletlinse, welche hier (nach Monckhoven „Photogr. Optik“, Wien 1866, S. 147) beschrieben ist, ist von Dallmeyer konstruiert.

Die Konstruktion derselben ist sehr leicht aus der Fig. 86 erkenntlich.

Das Dallmeyersche Triplet kann auch umgekehrt verwendet werden, ohne daß irgend ein Teil der Linse verändert wird; der Lichtfleck wird sogar dadurch verringert.³⁾

Die optische Anstalt in Rathenow (vormals Busch) erzeugte seit 1863 ebenfalls Tripletobjektive nach englischer Konstruktion zur Aufnahme von Landschaften, namentlich aber von Plänen und Zeichnungen.

Das Tripletobjektiv besteht nach Busch aus drei achromatischen Kombinationen, wovon die mittlere eine mit von außen einschiebbaren Zentralblenden versehene Zerstreuungslinse ist. Die vordere Kombination hat eine kleinere Öffnung als die hintere, welche der matten Scheibe zugekehrt ist. Die konvexen Seiten beider sind nach außen gerichtet. Die Gestalt der Zerstreuungslinse ist die einer konvex-konkaven (periskopisch-konkav) Linse, d. h. die eine Seite ist konvex, die andere stärker gewölbte Seite konkav. Die Linse wird so eingesetzt, daß die konvexe Seite der vorderen kleinen Kombination und die konkave Seite der größeren Kombination also der Kamera zugekehrt ist. Das Tripletobjektiv hat im Vergleich zu dem Porträtobjektiv eine größere Tiefe der Schärfe, gibt von planen Gegenständen ein planes Bild, wenn eine der kleinsten Blenden angewendet wird, verzeichnet nicht im geringsten und hat eine größere Lichtkraft und ein größeres Gesichtsfeld als das einfache Landschaftsobjektiv. Die Größe des Gesichtsfeldes beträgt 62 Grad. Will man mit dem Tripletobjektiv Gruppen aufnehmen, so ist gutes Licht und lange Exposition sowie die Anwendung der größten Blenden nötig.

Triplet von Carl Zeiss in Jena, D. R. P. Nr. 55313 vom 3. April 1890 ab.

In der Patentschrift sind die Elemente zu drei Konstruktionen, die verschiedenen Zwecken angepaßt sind, aufgeführt und wird folgender Anspruch geltend gemacht:

„Photographisches Triplet, zusammengesetzt aus zwei einfachen Sammellinsen und einem die chromatische und sphärische Korrektion bewirkenden System aus ver-

1) Phot. Archiv. 1860. S. 4.

2) Phot. Archiv. 1860. S. 70. Bulletin de la Société franç. Phot. 1859. S. 272. Sutton nahm zwei Menisken von gleicher Brennweite und in der Mitte eine konkave Zerstreuungslinse.

3) Phot. Mitt. Bd. 4, S. 142.

kitteten Linsen, welches System eine relativ große — mindestens das Vierfache von der Brennweite des ganzen Objektivs betragende — Brennweite besitzt und zwischen die zuerst genannten einfachen Linsen eingeschaltet ist.“

Bis April 1891 führte die Firma Zeiss eine Serie dieser Triplets aus und zwar sowohl in achromatischer als auch in apochromatischer Korrektionsart. Dieselbe ist symmetrisch und besteht aus fünf Einzel-

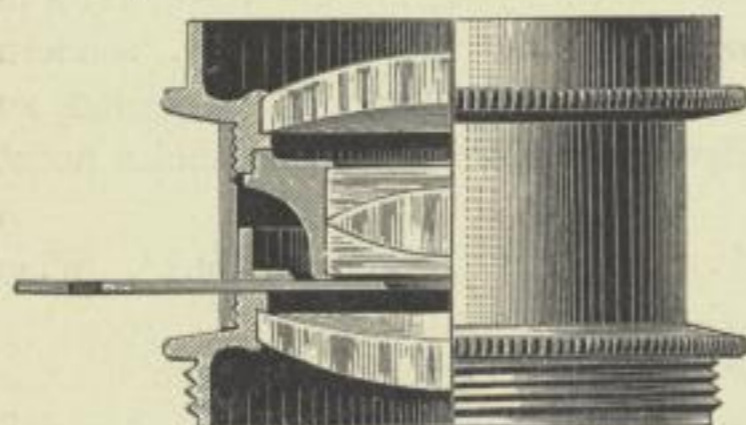


Fig. 87. Zeissches Triplet.

Korrektionslinse. Das Verhältnis der Durchmesser der Einzellinsen zur Gesamtbrennweite ist 1:4,3 bis 1:5 und der Durchmesser der dreifachen Linse gewährt dem Objektiv ein größtes wirksames relatives Öffnungsverhältnis von ca. 1:6. Das Verhältnis der größten beigegebenen Blende ist gleich

1:6,3, der Gesichtswinkel des Objektivs 90 Grad. (Fig. 87.)

Das System ist sonach ein allgemein verwendbares Objektiv.

Mit Bezug auf die Fig. 87 sind die Konstruktionselemente eines Objektivs von der Brennweite 100 folgende:

Radien:		Glasdicken:	
$r_1 = -r_8 = +$	25,74	$d_1 = d_5 =$	3,4
$r_2 = -r_7 = -$	38,47	$d_2 = d_4 =$	1,1
$r_3 = -r_6 = +$	230,40	$d_3 =$	5,6
$r_4 = -r_5 = \mp$	13,74		

Linsenabstände: $b_1 = b_2 = 4,2$;

Diaphragma dicht hinter der Korrektionslinse.

Glasarten:

1. für das Tripletapochromat: Silikatcrown $L_1, L_3, L_5 =$

n_D	n_F	n_G'
1,51840	1,52457	1,52956

Boratflint L_2 und $L_4 =$

1,57950	1,58745	1,59388
---------	---------	---------

2. für das Tripletachromat: Silikatcrown $L_1, L_3, L_5 =$

n_D	n_G'
1,50932	1,52037

Barytflint L_2 und $L_4 =$

1,56808	1,58231.
---------	----------

Die Triplets werden von der Firma Zeiss nicht mehr ausgeführt.

NEUNTES KAPITEL.

ANASTIGMATE.

Wie auf S. 25 schon erwähnt, gelang es durch das im Jahre 1890 vom optischen Glaswerke Schott & Gen. in Jena hergestellte neue Glas von hoher Brechung bei geringer Zerstreuung den Astigmatismus zu beseitigen in verkitteten Objektiven, die gleichzeitig sphärisch und chromatisch korrigiert waren. Für alle astigmatisch korrigierten Objektive wurde als Sammelname der Name „Anastigmat“ gewählt.

Im nachstehenden sollen die anastigmatischen Objektivkonstruktionen in alphabetischer Reihenfolge der Fabrikanten besprochen werden. Siehe die tabellarische „Zusammenstellung der verschiedenen Anastigmat“ auf S. 132 — 135.

H. L. Aldis (England) stellt auf Grund des E. P. 5170 vom 13. Februar 1902 zwei Objektivserien her unter dem Namen „Aldis-Lens“. Serie II mit der Helligkeit $\frac{f}{6}$; Serie III mit der $= \frac{f}{7,7}$ (Fig. 88).

Die Elemente sind folgende:

$$F = 100:$$

$R_1 = +$	13,56	$d_1 = 3,06$	
$R_2 = \pm$	17,50	$d_2 = 2,5$	
$R_3 = -$	12,76	$d_3 = 4,25$	(Luftabstand)
$R_4 = +$	48,61	$d_4 = 5,87$	
$R_5 = -$	1029,0		

Glasarten:

	D-Linie	Hg-Linie
L_1 . . .	1,5366	1,5508
L_2 . . .	1,5738	1,5920
L_3 . . .	1,6014	1,6199

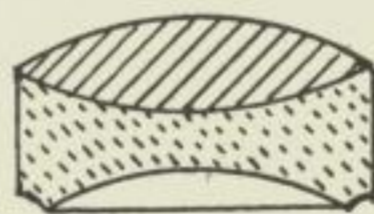


Fig. 88. Aldis Lens.

Die äußere Form ist diejenige eines vereinfachten Steinheilschen Gruppenantiplaneten.

Die Firma R. und J. Beck, London, erzeugt unter dem Namen „Isostigmaten“ Anastigmaten auf Grund des D. R. P. Nr. 194267, bestehend aus fünf unverkitteten Einzellinsen (Fig. 89). Die Elemente sind folgende:

$$F = 100:$$

$R_1 = + 21,9$	$d_1 = 1,8$	
$R_2 = - 74,0$	$d_2 = 0,96$	
$R_3 = + 26,9$	$d_3 = 0,76$	
$R_4 = - 16,2$	$d_4 = 1,39$	
$R_5 = - 297,0$	$d_5 = 1,8$	
$R_6 = - 353,0$	$l_1 = 2,36$	} Luftabstände
$R_7 = - 15,9$	$l_2 = 5,69$	
$R_8 = + 27,05$	$l_3 = 1,18$	
$R_9 = - 74,0$	$l_4 = 2,15$	
$R_{10} = + 21,9$		

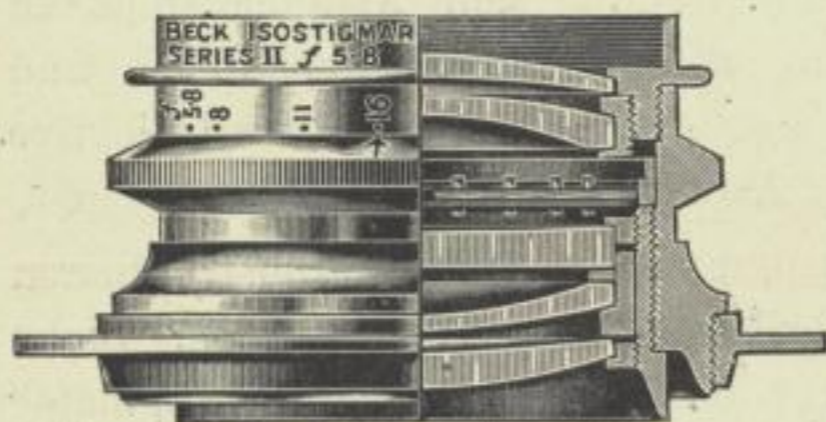


Fig. 89. Beck's Isostigmaten Lens.

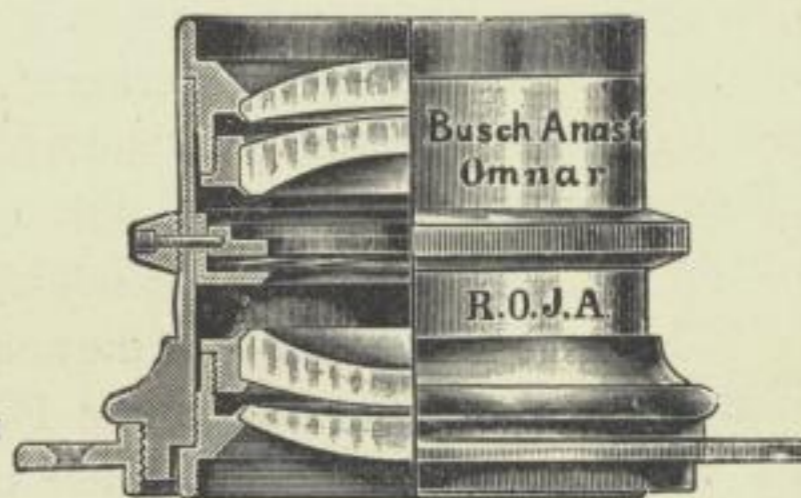


Fig. 90. Busch Omnar.

	n_D	$\nu = \text{Zerstreuungsvermögen}$
$L_1 = 1,6065$		58,1
$L_2 = 1,6193$		37,4
$L_3 = 1,5193$		58,7
$L_4 = 1,5703$		41,1
$L_5 = 1,6065$		58,1

Die Firma Busch in Rathenow führt unter dem Namen „Omnar“ in drei Serien eine dem Meyerschen Aristostigmaten ähnliche Objektivform aus: Serie I $\frac{f}{4,5}$, Serie II $\frac{f}{5,5}$ und Serie III $\frac{f}{7,7}$ (Fig. 90).

Nach dem Ö. P. 8364 vom Jahre 1901 sind die Daten der Hinterlinse folgende:

$$F = 100:$$

$R_1 = - 10,65$	$d_1 = 2,93$
$R_2 = + 20,27$	$d_2 = 1,58$
$R_3 = - 182,55$	$d_3 = 2,73$
$R_4 = + 16,02$	

Abstand von der Blende = 1,80 und symmetrisch.

Glasarten:

	n_D	n_G'
L_1	1,6031	1,62386
L_2	1,4967	1,50627.

Außerdem liefert sie noch als Satzanastigmat unter dem Namen „Stigmar“ $\frac{f}{6,3}$ ein Objektiv, welches in seiner äußeren Form dem Goerzdagor mit losgekittetem positivem Meniskus gleicht.

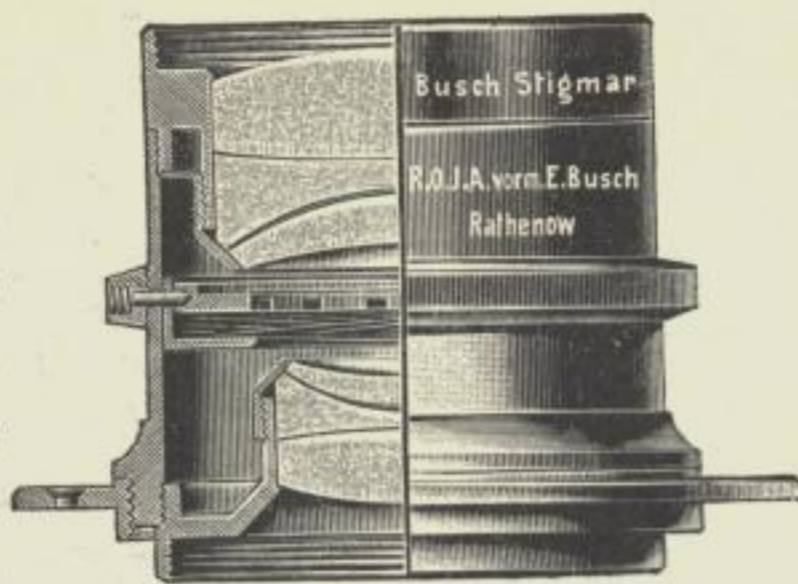


Fig. 91. Buschs Stigmar.

J. H. Dallmeyer (London) stellt nach den Berechnungen von H. Aldis Objektiv her „Stigmatic-Lens“ genannt, die durch das E. P. Nr. 16640 vom Jahre 1895 geschützt sind.

Serie I mit der Helligkeit 1:4 als Porträtobjektiv.

Die Konstruktionselemente sind:

$$F = 100:$$

$R_1 = +25,0$	$d_1 = 7,0$	
$R_2 = \pm 36,389$	$d_2 = 1,67$	
$R_3 = -40,886$	$d_3 = 12,0$	(Luftabstand)
$R_4 = -58,122$	$d_4 = 4,44$	
$R_5 = \pm 14,444$	$d_5 = 1,67$	
$R_6 = +32,111$	$d_6 = 2,22$	(Luftabstand)
$R_7 = -17,222$	$d_7 = 1,67$	
$R_8 = \mp 53,322$	$d_8 = 5,0$	
$R_9 = +33,467$		

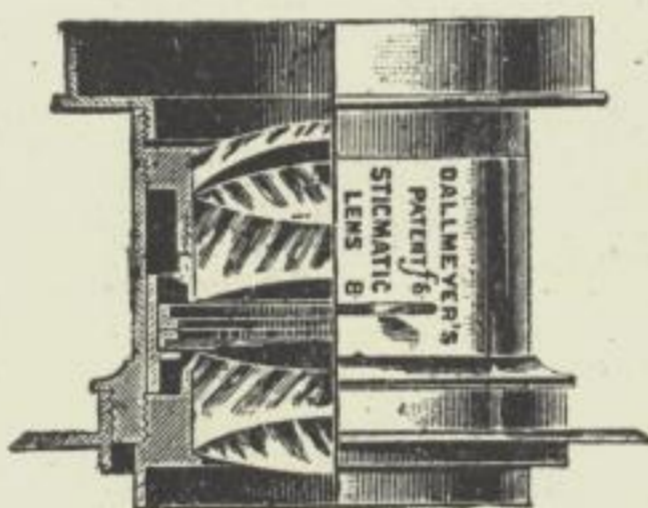


Fig. 92. Dallmeyers Stigmatic-Lens.

Glasarten:

	D-Linie	$H\gamma$ -Linie
$L_1 L_3 L_6$	1,5726	1,5853
L_2	1,5738	1,5920
$L_4 L_5$	1,5151	1,5267

Serie II: Universalobjektiv 1:6.

Die Konstruktionselemente sind:

$$F = 100:$$

$R_1 = +19,96$	$d_1 = 0,833$	
$R_2 = -14,23$	$d_2 = 1,67$	(Luftabstand)
$R_3 = +17,65$	$d_3 = 4,44$	
$R_4 = \pm 33,33$	$d_4 = 3,61$	
$R_5 = -22,83$	$d_5 = 6,11$	(Luftabstand)
$R_6 = -22,22$	$d_6 = 0,83$	
$R_7 = \mp 33,33$	$d_7 = 3,61$	
$R_8 = +19,24$		

Glasarten:

	D-Linie	H γ -Linie
L_1	1,5151	1,5267
L_2 u. L_5	1,5726	1,5853
L_3 u. L_4	1,5368	1,5503

Vorder- und Hinterlinse sind einzeln verwendbar.

Dallmeyers Stigmatic-Objektive.

Die optische Werkstätte von J. H. Dallmeyer in London bringt verschiedene Formen ihrer „Stigmatic“-Objektive in den Handel, wovon die Haupttype auf S. 111 bereits beschrieben ist.

Dallmeyer fertigt die in Fig. 92 S. 111 abgebildete Type in neuerer Zeit insbesondere in der Helligkeit $f:6$ als Universalobjektiv an.

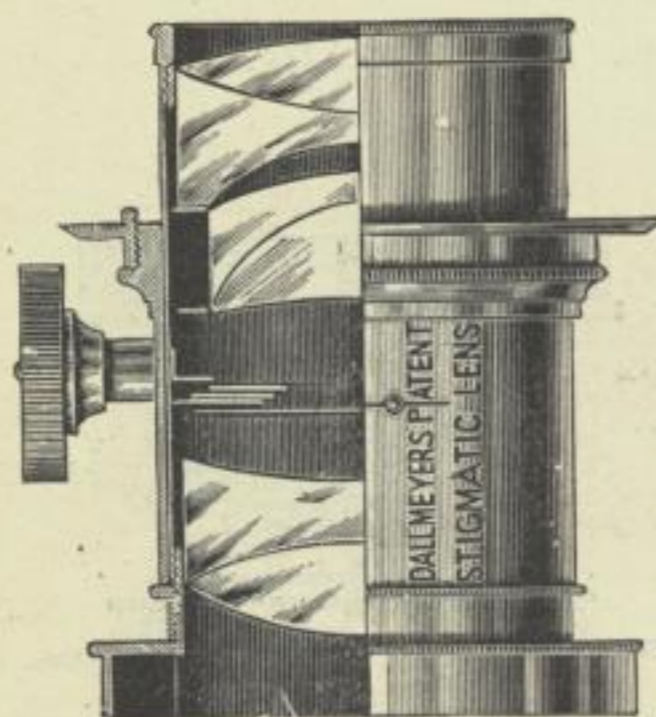


Fig. 93.

Für Porträtobjektive mit der Helligkeit $f:4$ verwendet jedoch Dallmeyer eine sechslinsige Form seiner patentierten Stigmatic-Objektive (Fig. 93). Er erzielt damit einen größeren Bildwinkel als mit den Porträtobjektiven Petzvalscher Konstruktion. Mit voller Öffnung ist die Bildebnung mit guter Schärfe von der Mitte bis zum Rand durchgeführt. Ein Objektiv von 304 mm Brennweite zeichnet ein Plattenformat von 18×24 cm bei voller Öffnung aus. Werden die beiden Hinterlinsen etwas auseinandergezogen (wie bei dem auf S. 92 beschriebenen älteren Dall-

meyer-Petzvalschen Porträtobjektiv), so wird eine gewisse sphärische Aberration erzeugt, welche dem ganzen Bilde eine gewisse künstlerische Unschärfe verleiht, was mitunter erwünscht ist.

Eine lichtärmere und wohlfeilere Art des Stigmatic-Objektivs ist die Serie III, welche die Helligkeit $f:7,5$ besitzt.



Fig. 94.

Fig. 94 zeigt die Ausführung dieser Type.

Benutzt man die Linsen einzeln, wird man zwei verschiedene Brennweiten erhalten. Die Äquivalent-Brennweite der Hinterlinse ist $1\frac{1}{2}$ mal, der Vorderlinse 2 mal größer als die der ganzen Kombination und erfordert

eine 2fache, respektive 4fache Exposition des kombinierten Objektivs bei gleicher Öffnung. Das Objektiv ist so erbaut, daß, wenn Hinter-

oder Vordersatz einzeln gebraucht wird, es nicht nötig ist, deren Stellung zu verändern, d. h. die nicht benutzte Linse wird einfach weggehoben, während die andere auf ihrem Platze bleibt.

Die Vorderlinse hat längere Brennweite, der erforderliche Auszug für jede der beiden Linsen ist jedoch fast der gleiche. Für Gegenstände, wie z. B. große Köpfe, sollen die Einzelsätze mit voller Öffnung gebraucht werden.

Anastigmat der Firma C. P. Goerz.

Im Jahre 1893 erhielt die Firma C. P. Goerz auf ein von E. v. Hoegh gerechnetes symmetrisches Doppelobjektiv das D. R. P. 74437.

Wie schon S. 26 erwähnt, stellt dieses Objektiv das erste symmetrische Doppelobjektiv dar mit astigmatischer Korrektur. Die nach diesem Patent zunächst mit einer Helligkeit 1:7,7 ausgeführten Objektive erhielten später den Namen „Dagor“ und werden jetzt in den Öffnungsverhältnissen 1:6,8 als Universalobjektiv und 1:11 als Reproduktionsobjektiv angefertigt (Fig. 95).



Fig. 95.

Goerz Doppel-Anastigmat Dagor 1:6,8.

Serie III hat 1:6,8, Serie IV 1:11.

Nach Gleichen, „Leitfaden der prakt. Optik“ sind für diese Objektive vom Öffnungsverhältnis 1:6,8 und für $F=100$ die Elemente folgende:

$$\begin{array}{ll} d_1 = 3,056 & R_1 = +19,100 \\ d_2 = 0,764 & R_2 = \pm 22,635 \\ d_3 = 1,910 & R_3 = \mp 8,272 \\ & R_4 = -20,453 \end{array}$$

Blendenabstand = 4,583 und symmetrisch.

Glasarten:

	L_1	L_2	L_3
n_C . . .	1,60992	1,56490	1,51228
n_D . . .	1,61310	1,56804	1,51497
n_F . . .	1,62068	1,57563	1,52140
n_G . . .	1,62683	1,58182	1,52663

Als symmetrische Objektive aus vier Einzellinsen bringt die Firma Goerz unter der Bezeichnung Serie I^b und I^d zwei Objektive vom Öffnungsverhältnis 1:4,5 bis 1:5,5 und dem von 1:6,8, von welchen das erstere den Namen „Celor“, das letztere den Namen „Syntor“ führt; D. R. P. Nr. 109283 (Fig. 96 und 97).

Aus der Patentschrift sind für ein Objektiv $\frac{f}{7,5}$ folgende Konstruktionselemente zu entnehmen:

$$F = 100:$$

$$\begin{aligned} R_1 &= +24,75 & d_1 &= 2,06 \\ R_2 &= +54,55 & d_2 &= 0,76 \text{ Luftabstand} \\ R_3 &= -37,06 & d_3 &= 0,94 \\ R_4 &= -29,99 & d_5 &= 5,02 \text{ Blendenabstand und symmetrisch.} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{cc} & L_1 & L_2 \\ n_D & . . . & 1,5356 & 1,6112 \end{array}$$

Dispersion zwischen C und F für $L_1 - 0,01038$, $L_2 - 0,01043$.

Die Objektive Celor und Syntor sind hauptsächlich für Momentaufnahmen bestimmt.

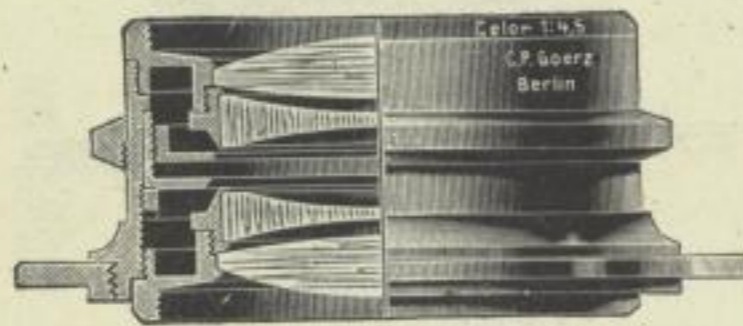


Fig. 96. Goerz' Celor 1 : 4,5.

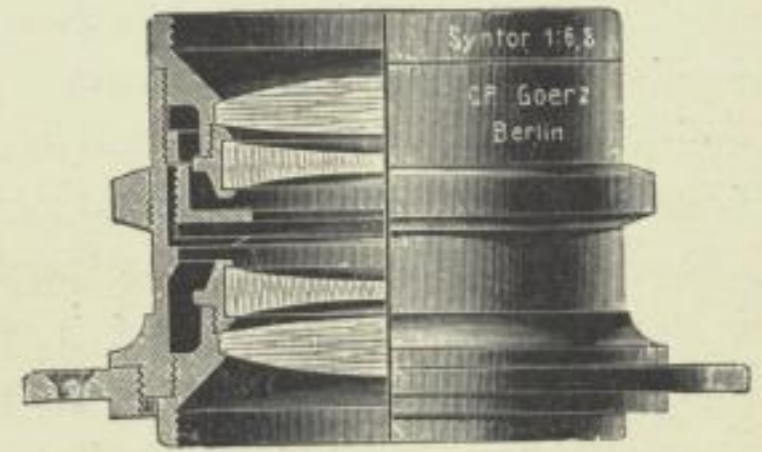


Fig. 97. Goerz' Syntor 1 : 6,8.

Pantar.

Die unter der Nummer 171396 im Deutschen Reiche patentierte Pantarlinse stellt ein aus vier Einzellinsen verkittetes System dar vom Öffnungsverhältnis $\frac{f}{12,5}$, aus welchem sich durch Kombination von zwei gleichen oder ähnlichen Systemen ein Doppelobjektiv vom Öffnungsverhältnis 1 : 6,3 erzielen läßt. Die Pantarlinse findet hauptsächlich zur Konstruktion von Objektivsätzen Verwendung (Fig. 98).

Nach der Patentschrift sind die Konstruktionselemente folgende:

$$F = 100 \text{ mm:}$$



Fig. 98. Goerz' Pantarlinse 1 : 12,5.

$$\begin{aligned} r_1 &= -13,51 & d_1 &= 1,0 \\ r_2 &= \pm 6,90 & d_2 &= 1,2 \\ r_3 &= \pm 5,47 & d_3 &= 0,5 \\ r_4 &= \mp 22,62 & d_4 &= 1,8 \\ r_5 &= +14,97 & & \end{aligned}$$

$$\begin{array}{cccc} & L_1 & L_2 & L_3 & L_4 \\ \text{Mittleres Brechungsvermögen} & . . & 1,62 & 1,59 & 1,55 & 1,61 \end{array}$$

Alethar.

Derselbe ist ein symmetrisches Objektiv, dessen Hälften aus zwei einzelstehenden Systemen bestehen, von welchen das eine eine einfache Linse, das andere aus drei Linsen verkittet ist. Durch Wahl passender Glasarten ist bei dieser Konstruktion das sekundäre Spektrum vermindert, was hauptsächlich bei Aufnahmen für Dreifarbindruck von Wert ist (Fig. 99).

Hergestellt wird dieses Objektiv als Serie V mit dem Öffnungsverhältnis 1:11. Die Konstruktionselemente sind nach Gleichen (a. a. O. S. 205).

$$F = 100:$$

$$\begin{array}{ll} r_1 = +32,400 & d_1 = 1,029 \\ r_2 = +75,713 & \text{Luftabstand} = 0,561 \\ r_3 = -37,934 & d_2 = 0,561 \\ r_4 = \mp 19,280 & d_3 = 1,309 \\ r_5 = \pm 31,169 & d_4 = 0,561 \\ r_6 = -31,169 & \end{array}$$

Δ = Abstand zwischen Vorder- und Hinterlinse

$$\frac{\Delta}{2} = 1,870 \text{ und symmetrisch.}$$



Fig. 99. Goerz' Alethar 1 : 11.

Glasarten:

	L_1	L_2	L_3	L_4
n_C	1,61218	1,51909	1,61218	1,51909
n_D	1,61546	1,52210	1,61546	1,52210
n_F	1,62333	1,52931	1,62333	1,52931
n_G	1,62972	1,53516	1,62972	1,53516

Erwähnt soll noch werden der in Eders Jahrbuch 1896 S. 224 beschriebene Anastigmat von C. P. Goerz: ein aus vier einfachen Linsen verkittetes Objektiv. Dasselbe wurde jedoch nicht in den Handel gebracht.

Als Serie II^a erschien 1898 ein symmetrisches Doppelobjektiv von einer Helligkeit $\frac{f}{5,6}$. Es bestand aus zwei Einzelsystemen, die je fünffach verkittet waren. Die Herstellung dieses Objektivs wurde später (1907) eingestellt. Auf die Zentrierung dieses Objektivs hatte sich die Firma Goerz ein Patent erteilen lassen: die Negativlinsen haben größeren Durchmesser als die von ihnen eingeschlossenen positiven Linsen.

Die Firma Leitz in Wetzlar erzeugt ihre „Summare“ hauptsächlich zu mikrographischen Zwecken.

Die Firma Hugo Meyer in Görlitz führt nach dem D. R. P. Nr. 125 560 unter dem Namen „Aristostigmat“ drei Objektivserien mit den Öffnungsverhältnissen 1:4,5, 1:5,5 und 1:6,8 aus (Fig. 100). In der Patentschrift sind die Elemente für ein Objektiv 1:8 gegeben:

$$F = 100 \text{ mm:}$$

$R_1 = + 19,80 \text{ mm}$	$d_1 = 3,2 \text{ mm}$		
$R_2 = - 53,27 \text{ "}$	$d_2 = 1,28 \text{ "}$		
$R_3 = + 26,1 \text{ "}$	$d_3 = 2,56 \text{ "}$		
$R_4 = - 15,24 \text{ "}$	$d_4 = 2,08 \text{ "}$		
$R_5 = - 15,0 \text{ "}$		Abstand zwischen L_1 u. L_2	= 0,138
$R_6 = + 26,68 \text{ "}$		" "	L_3 u. L_4 = 0,058
$R_7 = - 51,30 \text{ "}$		" "	den Systemhälften = 5,22
$R_8 = + 19,42 \text{ "}$			

Glasarten:

	n_D	n_G'
$L_1 = L_4 = 1,591$		1,604
$L_2 = L_3 = 1,580$		1,600



Fig. 100. Meyers Aristostigmat 1:6,8.

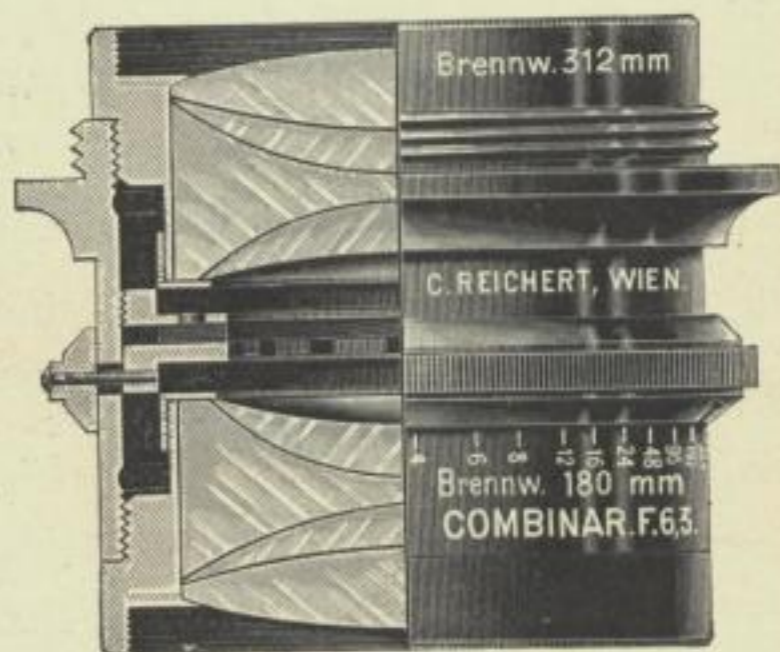


Fig. 101. Reicherts Combinar.

Erwähnt soll noch werden das Doppel-Aristostigmat, ein Doppelobjektiv, bei dem die Hälfte aus je vier einfachen Linsen verkittet sind.

Die Firma C. Reichert in Wien erzeugt Anastigmaten auf Grund des D. R. P. Nr. 153 525 vom 8. August 1902 unter dem Namen „Combinare“. Die äußere Form ist diejenige des Goerzschens Doppelanastigmaten mit Ersatz der Bikonvexlinse durch 2 Linsen.

Als Serie I wird die Kombinarlinse $\frac{f}{12,5}$ als einfaches Objektiv hergestellt, als Serie I* kommt das Doublet mit der Helligkeit $\frac{f}{6,3}$ in den Handel (Fig. 101).

Das letztere ist ein Universalobjektiv und kann zur Kombination von Sätzen verwendet werden; das erstere sucht seine hauptsächliche Verwendung in der Landschaftsphotographie. Nach der Patentschrift sind die Konstruktionselemente folgende:

$F = 100$ mm:

$$\begin{aligned} R_1 &= + 15,55 \text{ mm} & d_1 &= 1,625 \\ R_2 &= \pm 21,86 \text{ " } & d_2 &= 1,025 \\ R_3 &= \pm 8,81 \text{ " } & d_3 &= 0,6 \\ R_4 &= \mp 5,90 \text{ " } & d_4 &= 1,325 \\ R_5 &= - 14,76 \text{ " } & & \end{aligned}$$

Abstand von der Blende 1,425 und symmetrisch.

Seit 1908 verfertigt die Firma Reichert in Wien sehr leistungsfähige Objektive, die nur aus Crowngläsern hergestellt sind und die äußere Form des Goerzchen Doppelanastigmaten besitzen, unter dem Namen „Neukombinare“ mit einer Helligkeit $\frac{f}{6,8}$.

Solar.

Der Typus des Solar ist sowohl in Österreich als auch in anderen Staaten der Firma C. P. Goerz patentiert. Die Firma C. Reichert hatte jedoch vor der österreichischen Patentanmeldung von Goerz Objektive dieser Art in den Handel gebracht und es wurde ihr daraufhin in Österreich das Ausführungsrecht zuerkannt. In Betracht kommen die Goerz-Objektive Celor und Syntor. Reichert bringt die Solare mit den Helligkeiten $\frac{f}{6,8}$ und $\frac{f}{7,7}$ in den Handel.

Außer dieser Konstruktion ist C. Reichert noch im Besitze des D. R. P. Nr. 189 255 vom 12. Januar 1904. Die Patentschrift gibt die Daten eines sphärisch, chromatisch und astigmatisch korrigierten Objektives wie folgt:

$F = 100$ mm:

$$\begin{aligned} R_1 &= + 108,18 & d_1 &= 1,189 \\ R_2 &= + 108,18 & \text{Luftabstand} &= 1,453 \\ R_3 &= + 11,68 & d_2 &= 3,514 \\ R_4 &= \pm 6,95 & d_3 &= 2,872 \\ R_5 &= - 13,78 & & \end{aligned}$$

Blendenabstand 0,439 und symmetrisch.

Glasarten:

	n_D	n_G'
L_1	1,612	1,62590
L_2	1,5789	1,59276
L_3	1,5826	1,60105

Diese Objektive sind noch nicht in den Handel gebracht worden. Die Hinterlinse hat als Einzelobjektiv eine Helligkeit von $\frac{f}{12,3}$.

Die Firma A. Rietzschel (München) bringt seit dem April 1898 auf Grund des D. R. P. Nr. 118466 vom 4. März 1898 „Linear-Anastigmat“ in den Handel. Das Objektiv ist der Steinheilsche Orthostigmat, bei welchem die Mittellinse durch zwei Linsen ersetzt ist (Fig. 102).

Die Konstruktionselemente sind nach der Patentschrift folgende:

$$F = 100 \text{ mm:}$$

$$\begin{array}{ll} R_1 = & + 30,69 \text{ mm} \\ R_2 = R_3 = & \pm 25,96 \text{ " } \\ R_4 = R_5 = & \infty \\ R_6 = R_7 = & \pm 13,88 \text{ " } \\ R_8 = & - 35,18 \text{ " } \end{array} \quad \begin{array}{l} d_1 = 4,71 \\ d_2 = 0,82 \\ d_3 = 2,35 \\ d_4 = 0,82 \end{array}$$

Glasarten:

	n_D	n_F
$L_1 =$	1,61	1,61377
$L_2 =$	1,5137	1,52156
$L_3 =$	1,5128	1,5191
$L_4 =$	1,5726	1,5803

$$\text{Öffnungsverhältnis} = \frac{f}{15,5}$$

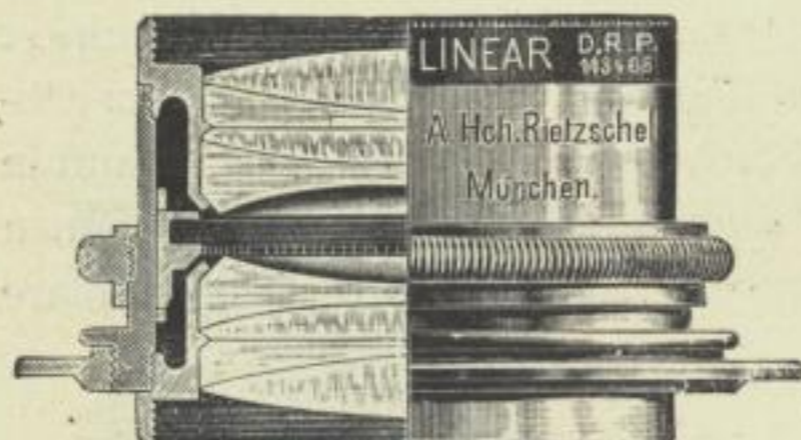


Fig. 102. Rietzschels Linear-Anastigmat.



Fig. 103. Rodenstocks Imagonal 1:6,8.

Die Firma Rodenstock führt nach D. R. P. Nr. 177 266, lautend auf den Namen Dr. Franz Coblitz, ein Objektiv von der Lichtstärke 1:6,8 unter dem Namen „Imagonal“ aus (Fig. 103). Nach der Patentschrift sind die Konstruktionselemente folgende:

$$F = 100 \text{ mm.}$$

$$\begin{array}{ll} R_1 = + 22,02 \text{ mm} & d_1 = 3,65 \text{ mm} \\ R_2 = \pm 27,13 \text{ " } & d_2 = 0,84 \text{ " } \\ R_3 = \mp 8,15 \text{ " } & d_3 = 3,65 \text{ " } \\ R_4 = - 26,02 \text{ " } & \Delta = 5,61 \text{ " } = \text{Abstand zw. Vorder- und} \\ R_5 = - 22,34 \text{ " } & d_4 = 6,45 \text{ " } \quad \text{Hinterlinse.} \\ R_6 = + 26,67 \text{ " } & \end{array}$$

Glasarten:

	n_D	n_G'
L_1	1,61189	1,62525
L_2	1,55045	1,56383
$L_1 - L_4$	1,50169	1,51219

Wie aus der Figur hervorgeht ist die äußere Form der Vorderlinse gleich der Hälfte des Goerzchen Doppelanastigmaten, die Hinterlinse besteht aus einem negativen Meniskus. Die Konstruktion wird als Anastigmatsatz angeboten. —

Nach dem D. R. P. Nr. 167 224 vom 9. Juni 1903 wird im Öffnungsverhältnis 1 : 18 ein Weitwinkelobjektiv unter dem Namen „Pantogonal“ ausgeführt (Fig. 104). Die Elemente sind diese:

$$F = 100 \text{ mm:}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= + 31,12 \text{ mm} & d_1 &= 2,08 \text{ mm} \\ R_2 &= - 55,59 \text{ „} & d_2 &= 1,24 \text{ „} \\ R_3 &= - 16,59 \text{ „} & d_3 &= 2,49 \text{ „} \\ R_4 &= \mp 29,04 \text{ „} & \text{1. Blendenabstand} &= 18,92 \text{ mm} \\ R_5 &= + 21,62 \text{ „} & \text{2. „} &= 1,83 \text{ „} \end{aligned}$$

Glasarten:

	n_D	n_G'
L_1	1,61670	1,63033
L_2	1,51500	1,52979
L_3	1,60500	1,61820



Fig. 104. Rodenstocks Pantogonal 1 : 18.

Die Firma Gebr. Schulze, Potsdam (jetzt: Schulze u. Billerbeck) fertigt auf Grund des D. R. P. Nr. 135 742 zwei Serien von Objektiven mit den Helligkeiten $\frac{f}{6}$ und $\frac{f}{7}$, „Euryplane“ genannt. Diese Objektive können als Satzobjektive verwendet werden.

Die Euryplanserie $\frac{f}{4,5}$ fällt nicht unter obiges Patent. Bei ihr sind die Außenlinsen losgekittet, während bei den patentierten Objektiven die Innenlinsen losgekittet sind.

Die Patentschrift gibt folgende Daten:

$$F = 100; \text{ Helligkeit} = \frac{f}{7,5}:$$

$$\begin{aligned} R_1 = R_{10} &= + 21,4 & d_1 = d_8 &= 2,9 \\ R_2 = R_9 &= \pm 94,0 & d_2 = d_7 &= 1,1 & \text{Abstand der beiden} \\ R_3 = R_8 &= - 14,4 & d_3 = d_6 &= 0,5 & \text{Hälften} = 6,1 \\ R_4 = R_7 &= + 16,1 & d_4 = d_5 &= 1,9 \\ R_5 = R_6 &= - 23,6 \end{aligned}$$

Glasarten:

	n_D	n_G
$L_1 = L_3 = L_4$	1,6147	1,6290
$L_4 = L_6$		
$L_2 = L_5$	1,5561	1,5710

Die Werkstatt für Präzisionsoptik von Georg Simon in Dresden führt nach dem D. R. P. Nr. 168 977 Objektive mit dem Namen „Octanare“ aus und zwar mit der Helligkeit $\frac{f}{6,3}$ (Fig. 105).



Fig. 105. Simons Octanar 1 : 6,3.

Die Elemente sind folgende:

$$F = 100 \text{ mm:}$$

$$\begin{array}{ll} R_1 = + 11,90 \text{ mm} & d_1 = 0,95 \text{ mm} \\ R_2 = \pm \infty & d_2 = 0,95 \text{ " } \\ R_3 = \pm 15,45 \text{ " } & d_3 = 0,71 \text{ " } \\ R_4 = + 5,12 \text{ " } & d_4 = 1,11 \text{ " } \\ R_5 = - 12,62 \text{ " } & \end{array}$$

Glasarten:

	n_D	n_G'
L_1	1,62200	1,6445
L_2	1,60904	1,623
L_3	1,56591	1,583
L_4	1,51484	1,527

Außerdem fertigt sie noch „Tetranare“ nach dem Meyerschen Aristostigmat in drei Serien von den Helligkeiten

$$\frac{f}{4,5}, \frac{f}{6} \text{ und } \frac{f}{6,8}.$$

Die Firma Dr. Staebble & Co., G. m. b. H. in München bringt unter den Namen „Polyplast“ und „Lineoplast“ Objektive, welche den Zeiss'schen Anastigmaten nachgebildet sind, nur ist beim Polyplast 1 : 6,3 die doppelte Hinterlinse nicht verkittet, während der Lineoplast 1 : 12,5 mit dem Zeiss'schen Anastigmat 1 : 12,5 (siehe S. 129) vollkommen identisch zu sein scheint. Ein dem Meyerschen Aristostigmat entsprechendes unverkittetes Objektiv wird unter dem Namen „Choroplast“ von der Firma ebenfalls hergestellt.

Anastigmaten der Firma Steinheil.

I. Orthostigmaten.

Nach dem D. R. P. Nr. 88 505 mit Priorität ab 27. November 1893 stellt die Firma Steinheil in München vier Serien von Objektiven her unter dem Namen „Orthostigmaten“, von denen Anfang 1896 die erste Serie (B) mit einer Helligkeit 1 : 6,8 als damals lichtstärkster symmetrischer Anastigmat in den Handel gebracht wurde (Fig. 106). Weitere Orthostigmat-Serien sind:

Serie D	mit dem Öffnungsverhältnis	1 : 8 bzw. 1 : 10	(Fig. 107)
„ E „	„	„	1 : 12 (Fig. 108)
„ F „	„	„	1 : 9 (Fig. 109).

Serie B stellt Universalinstrumente dar, Serie E Weitwinkelobjektive und Serie F dient als Apochromat.

Die Objektive 1:8 der Serie D werden als Handkamera-Objektive und zu Orthostigmatsätzen verwendet.



Fig. 106. Steinheils Orthostigmat Ser. B 1:6,8.



Fig. 107. Steinheils Orthostigmat Ser. D 1:10.

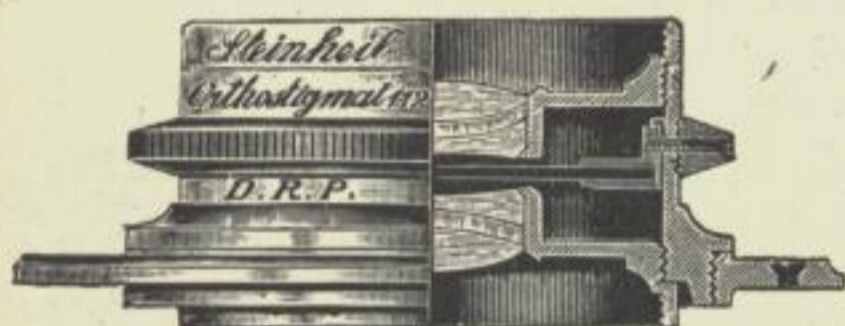


Fig. 108. Steinheils Weitwinkel-Orthostigmat 1:12.



Fig. 109. Steinheils Apochromat-Orthostigmat 1:9.

Die größeren Brennweiten der Serie D haben die Helligkeit 1:10 und dienen als Reproduktionsobjektive.

Die Konstruktionselemente sind nach der Patentschrift¹⁾ für ein Objektiv 1:4 $f_D = 100$:

$$\begin{array}{ll} R_1 = R_8 = + 47,9 & d_1 = d_6 = 4,2 \\ R_2 = R_7 = \pm 117,6 & d_2 = d_5 = 5,2 \\ R_3 = R_6 = \pm 29,7 & d_3 = d_4 = 0,8 \\ R_4 = R_5 = - 102,4 & \end{array}$$

Entfernung von Vorder- und Hinterlinse = 10,4.

Glasarten:

	n_D	n_F
$L_1 = L_6$	1,62356	1,63498
$L_2 = L_5$	1,50786	1,51351
$L_3 = L_4$	1,60304	1,61428

1) Die ausgeführten Serien decken sich nicht mit den Angaben der Patentschrift.

Die Daten für ein Objektiv 1:6 $f_D = 100$:

$$\begin{aligned} R_1 = R_8 &= + 35,0 & d_1 = d_6 &= 4,1 \\ R_2 = R_7 &= + 28,3 & d_2 = d_5 &= 5,1 \\ R_3 = R_6 &= + 15,8 & d_3 = d_4 &= 5,06 \\ R_4 = R_5 &= - 41,0 \end{aligned}$$

Entfernung der Vorder- und Hinterlinse = 10,12.

Glasarten:

	n_D	n_F
$L_1 = L_6$	1,61003	1,61759
$L_2 = L_5$	1,51874	1,52561
$L_3 = L_4$	1,56370	1,57160

II. Unofocale.

Nach dem D. R. P. Nr. 133 957 werden unter dem Namen „Unofocale“ von der Firma Steinheil zwei Serien von Objektiven ausgeführt:

Serie I mit dem Öffnungsverhältnis 1:4,5 (Fig. 110)

„ II „ „ „ 1:6 (Fig. 111).

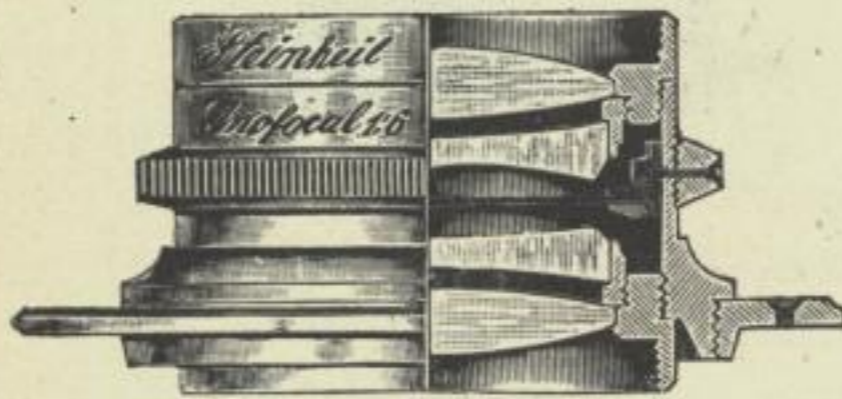


Fig. 110. Steinheils Unofocal 1:4,5 Ser. I.

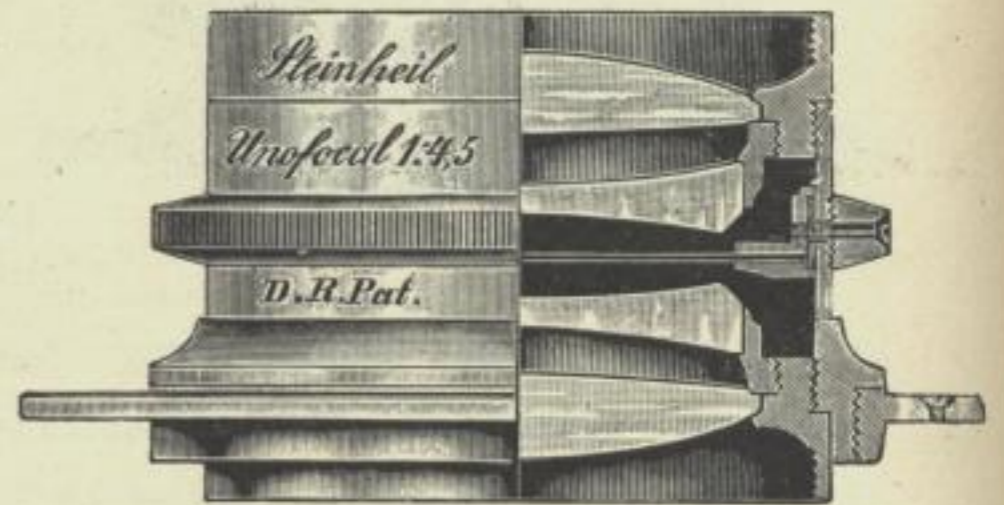


Fig. 111. Steinheils Unofocal 1:6 Ser. II.

Serie I dient hauptsächlich für Moment- und Porträtaufnahmen infolge ihrer großen Helligkeit, Serie II als Universalobjektiv. Letztere Serie enthält nicht das schwerste Barytcröwn.

Nach der Patentschrift¹⁾ sind die Konstruktionselemente folgende:

$F = 100$ mm:

$$\begin{aligned} R_1 &= + 32,08 & d_1 &= 1,25 \text{ mm} \\ R_2 &= + 14,36 & d_2 &= 7,29 \text{ „} \\ R_3 &= - 19,96 & d_3 &= 2,50 \text{ „} \\ R_4 &= - 85,51 & d_4 &= 15,83 \text{ „} \end{aligned}$$

Helligkeit $\frac{f}{12}$ und symmetrisch.

1) Die ausgeführten Serien decken sich nicht mit den Angaben der Patentschrift.

Glasarten:

	n_D	n_G'
$L_1 = L_4$	1,60304	1,62380
$L_2 = L_3$	1,61120	1,62483.

Suter in Basel erzeugt „Doppelanastigmat“ auf Grund des Schweizer Patentes Nr. 21 872 (Fig. 112). Ausgeführt werden:

Serie I mit den Helligkeiten	$\frac{f}{6,8}$	bis	$\frac{f}{7,2}$
„ II „ „ „	$\frac{f}{6,3}$		
„ III „ „ „	$\frac{f}{5}$		

Diese Objektive sind als Sätze verwendbar.

Krümmungsradien der vier Linsen des Suterschen Anastigmat, wie dieselben im Patent 21872 niedergelegt sind:

	Brechungsvermögen	
1 ^{te} Linse	$R_1 = + 53,2$	$n_D = 1,6142$
	$R_2 = + 167,4$	
2 ^{te} „	$R_1 = -167,4$	$n_D = 1,5142$
	$R_2 = + 215,9$	
3 ^{te} „	$R_1 = -215,9$	$n_D = 1,5539$
	$R_2 = - 22,1$	
4 ^{te} „	$R_1 = + 22,1$	$n_D = 1,5216$
	$R_2 = - 56,7$	

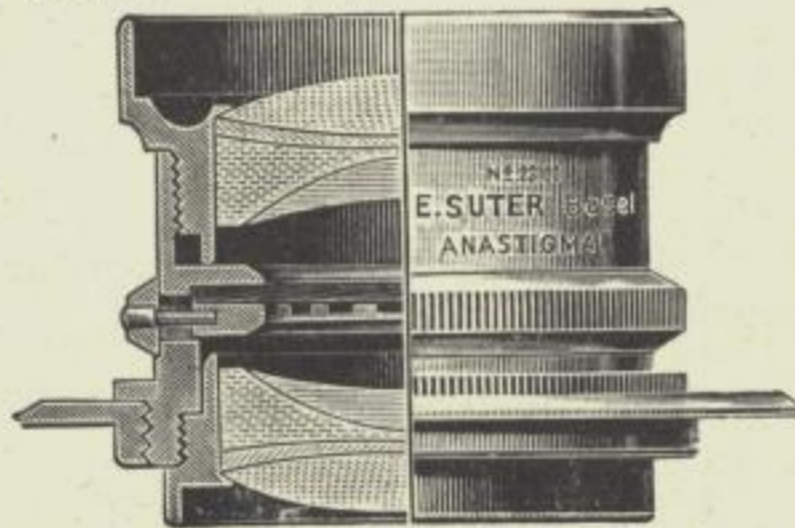


Fig. 112. Suters Doppel-Anastigmat.

Seit 1895 erzeugt die Firma Taylor, Taylor & Hobson in Leicester (England) Anastigmat, die sich durch äußerst einfache Anordnung auszeichnen. Sie sind aus nur drei getrennt stehenden Linsen zusammengesetzt und es werden die Objektive unter der Bezeichnung „Cooke-Lens“ in den Serien:

II ^a	Helligkeit	1 : 4,5
III ^a	„	1 : 6,5
IV ^a	„	1 : 5,6
V ^a	„	1 : 9

ausgeführt (Fig. 113).

Dem Erfinder H. Dennis Taylor wurde die Konstruktion der „Cooke-Lens“ unter D. R. P. Nr. 86757 geschützt.

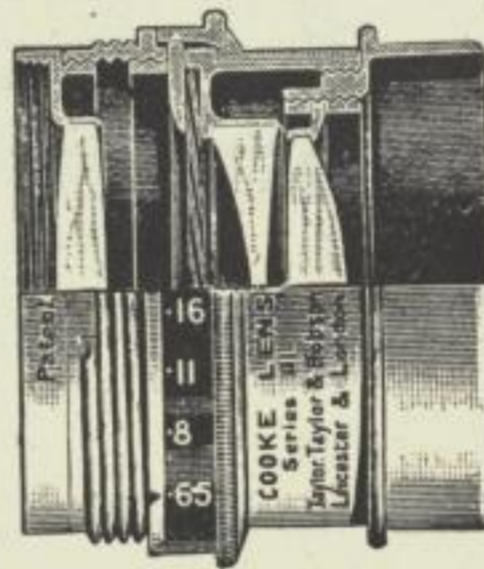


Fig. 113. Cooke-Lens.

In der Patentschrift finden sich folgende Konstruktionselemente:

Cooke-Lens	$\frac{f}{6,8}$	bis	$\frac{f}{7,7}$
------------	-----------------	-----	-----------------

$F = 100 \text{ mm}:$

$R_1 = + 14,57 \text{ mm},$	$d_1 = 2,59 \text{ mm}$
$R_2 = + 101,3 \text{ „}$	$d_2 = 0,46 \text{ „}$
$R_3 = - 55,9 \text{ „}$	$d_3 = 1,83 \text{ „}$
$R_4 = - 13,27 \text{ „}$	1. Blendenabstand = 0,38 mm.
$R_5 = + 1012,0 \text{ „}$	2. „ = 8,95 „
$R_6 = + 69,75 \text{ „}$	

Glasarten:

 L_1 und L_3 sind aus dichtesten Barytcrwn

$$n_D = 1,6114$$

$$n_G - n_D = 0,01389$$

 L_2 aus leichtem Silikatflint

$$n_D = 1,5482$$

$$n_G - n_D = 0,01559$$

äußerer Durchmesser von $L_1 = 13,5 \text{ mm}$ „ „ „ $L_2 = 12,7 \text{ „}$ „ „ „ $L_3 = 13,5 \text{ „}$

Die Firma Voigtländer und Sohn A.-G., Braunschweig, führt Objektive nach dem Steinheilschen Patent Nr. 88 505 (siehe S. 26) unter dem Namen „Collinear“ in vier Serien aus (Fig. 114).

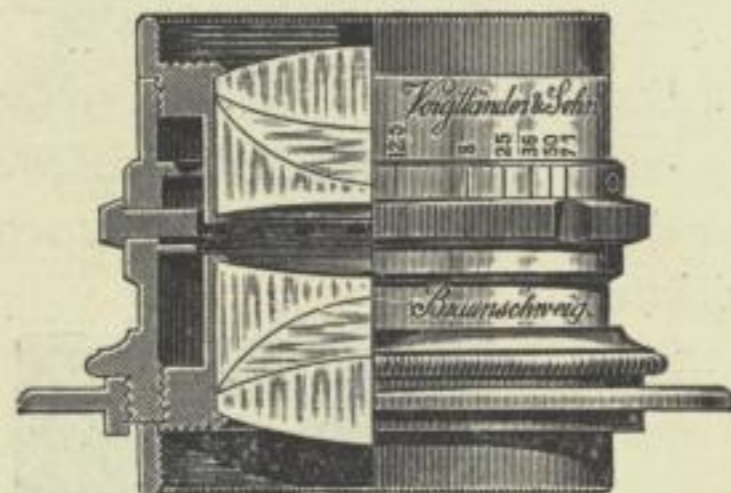


Fig. 114. Voigtländers Collinear.

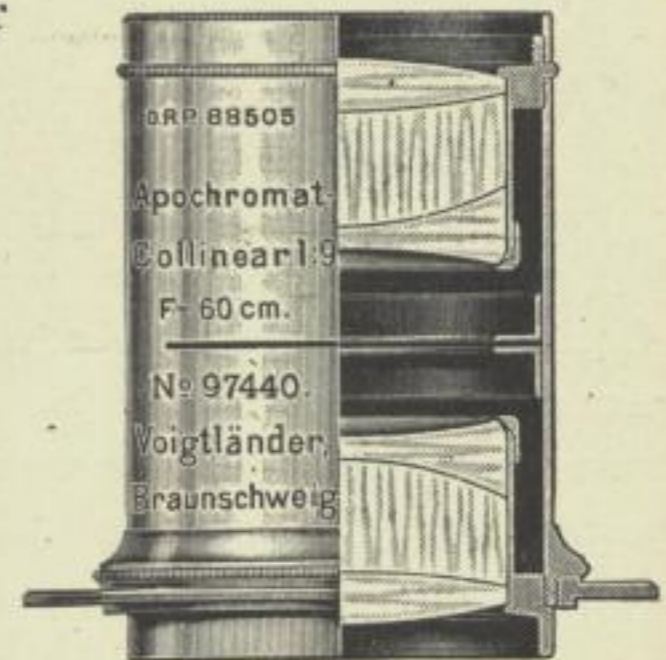


Fig. 115. Voigtländers Apochromat-Collinear.

Serie II im Öffnungsverhältnis 1:5,5, größere Brennweiten 1:6,3
 „ III „ „ 1:6,8, „ „ 1:7,7
 „ IV „ „ 1:12,5 als Weitwinkelobjektiv,
 außer diesen noch den „Apochromat-Collinear“, Serie III wird zu
 Objektivsätzen verwendet.

Die Konstruktionselemente des Apochromat-Collinear von Voigtländer sind nach Alex. Gleichen folgende:

$$\text{Helligkeit} = \frac{f}{9}; F_D = 100.$$

Radien:

$$\begin{aligned}
 r_1 &= + 27,104 && \text{I schwerstes Barytrown} \\
 r_2 &= + 33,588 \\
 r_3 &= + 12,434 && \text{II Crown mit hoher Dispersion,} \\
 r_4 &= - 26,989 && \text{III Borosilikatflint.}
 \end{aligned}$$

Abstand von der Blende = 1,815.

Dicken: $d_1 = 1,965$

$d_2 = 5,119$

$d_3 = 0,594$

und symmetrisch.

Glassorten:

	n_D	$\frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$	$n_{G'} - n_F$	$\frac{n_{G'} - n_F}{n_F - n_C}$	$n_F - n_D$
I	1,6129	56,3	0,00623	0,571	0,00769
II	1,5152	54,2	0,00547	0,576	0,00671
III	1,5434	49,9	0,00628	0,576	0,00770

Die Aufhebung des sekundären Spektrums ist in hohem Grade erreicht.

Seit dem Jahre 1896 führt die Firma Voigtländer auch die Objektive, die unter D. R. P. Nr. 86757 D. Taylor patentiert sind (siehe oben), in Lizenz aus und zwar Porträtanastigmat im Öffnungsverhältnis 1:4,5 und Triple-Anastigmat im Öffnungsverhältnis 1:6,8, für größere Brennweiten 1:7,7 bis 1:9.

Die von der Firma Voigtländer und Sohn in den Handel gebrachten Triplets mit verkitteten Außenlinsen sind wohl auf die Taylor-Triplets zurückzuführen. Dr. Harting unterzog dieselben einer Neuberechnung und erhielt für die Firma Voigtländer am 1. Dezember 1900 das D. R. P. Nr. 124934 auf ein Objektiv, dessen beide äußeren Konkavlinen aus Flintglas und die mit ihnen verkittete Konvexlinse aus Crown Glas, die Mittellinse jedoch wieder aus Flintglas besteht. Diese Konstruktion wurde durch das D. R. P. Nr. 143889 vom 10. Juni 1902 verbessert. Die Objektive, die auf Grund dieses Patentes in den Handel kommen, führen die Namen „Heliare“ und „Dynare“ (Fig. 116 und 117).

Das Heliar ist ein unsymmetrisches Objektiv, die einzelnen Linsen geben für sich kein brauchbares Bild. Ebensowenig lassen sich die Einzellinsen verschiedener Brennweiten zu einem Objektiv kombinieren. Die relative Öffnung beträgt für alle Brennweiten 1:4,5. Entsprechend dieser großen Helligkeit sind die Heliare hauptsächlich für Momentaufnahmen geeignet.

Die sich aus der Patentschrift D. R. P. Nr. 143889 ergebenden Konstruktionsdaten sind folgende:

$F=100$ mm :

$r_1 = +$	40,38	mm	$d_1 =$	1,61	mm
$r_2 = +$	18,49	„	$d_2 =$	4,82	„
$r_3 = -$	123,4	„	$d_3 =$	11,22	„
$r_4 = -$	38,46	„	$d_4 =$	0,64	„
$r_5 = -$	31,01	„	$d_5 =$	5,77	„
$r_6 = +$	67,63	„	$d_6 =$	4,82	„
$r_7 = +$	19,23	„	$d_7 =$	0,64	„
$r_8 = +$	39,54	„			

Die Blende befindet sich zwischen der mittleren und hinteren Linse, dicht bei der mittleren.



Fig. 116. Voigtländers Heliar 1:4,5.



Fig. 117. Voigtländers Dynar 1:6.

Glasarten:

		n_D	n_G'
Für Linse	L_1	1,54990	1,56547
„	L_2	1,61294	1,62686
„	L_3	1,53644	1,54988
„	L_4	1,61294	1,62640
„	L_5	1,57073	1,58866

Die „Dynare“ werden unter derselben Patentnummer erzeugt und zwar mit der Helligkeit 1:6.

Sie haben jedoch als äußere Linsen keine negativen Menisken wie die Heliare, sondern Bikonvexlinsen. Mit diesen sind verkittet Bikonkavlinen und die Mittellinse ist wieder eine Bikonkavlinse. Die Dynare sind ebenfalls nur als Ganzes zu verwenden.

Gleichen gibt in „Vorles. über phot. Objektive“ S. 190 die Daten der „Dynarkonstruktion“ wie folgt:

$F=100$ mm:

$r_1=+$	25,84 mm	$d_1=4,17$
$r_2=+$	66,67 „	$d_2=0,42$
$r_3=-$	166,65 „	$d_3=2,17$
$r_4=-$	41,71 „	$d_4=0,42$
$r_5=-$	25,92 „	$d_5=5,25$
$r_6=-$	65,26 „	$d_6=0,42$
$r_7=+$	27,16 „	$d_7=3,33$
$r_8=+$	27,06 „	

Glasarten:

	n_D
L_1 schwerstes Bariumcrown	1,61330
L_2 Barytleichtflint	1,56980
L_3 schweres Silikatflint	1,60611
L_4 Silikatglas	1,53780
L_5 schwerstes Barytcrown	1,61330

Oxyn.

Auf Grund des D.R.P. Nr. 154910 stellt die Firma Voigtländer Tripletobjektive mit der Lichtstärke 1:9 bis 1:15 her, die unter dem Namen „Oxyn“ in den Handel gebracht werden. Die äußere Form dieser Objektive ist die des Heliar, bei dem die Hinterlinse durch diejenige des Dynar ersetzt ist. Diese Objektive sind besonders für feinste Strichaufnahmen gebaut und kommen nur in Brennweiten von 36 cm an aufwärts in den Handel (Fig. 118).

Nach der Patentschrift besitzen sie folgende Elemente.

Öffnungsverhältnis 1:4,5.

 $F=100$:

$r_1=+$	34,99	$d_1=0,67$
$r_2=+$	20,83	$d_2=4,17$
$r_3=\pm\infty$		$d_3=5,83$
$r_4=-$	36,67	$d_4=0,42$
$r_5=-$	28,25	$d_5=3,17$
$r_6=-$	266,06	$d_6=0,42$
$r_7=+$	19,16	$d_7=6,67$
$r_8=+$	30,19	



Fig. 118. Voigtländers Oxyn 1:9.

Glasarten:

	n_D	n_G'	
L_1	1,54890	1,56547	Silikat-Leichtflint
L_2	1,61340	1,62736	schwerstes Barytcrown
L_3	1,55019	1,56597	Silikat-Leichtflint
L_4	1,53780	1,55143	Silikatglas
L_5	1,61340	1,62736	schwerstes Barytcrown.

Anastigmaten der Firma Zeiss.

Die ersten Anastigmaten brachte die Firma Zeiss in Jena mit ihrem D. R. P. Nr. 56109 vom 3. April 1890.

Wie schon oben S. 25 erwähnt, haben diese Objektive gleich dem Steinheilschen Antiplaneten zwei getrennte Systeme, von welchen in dem einen der positive Bestandteil (Sammellinse) kleineren, in dem anderen dagegen größeren Brechungsindex besitzt als der mit ihm verbundene negative Bestandteil (Zerstreuungslinse). Beide Systeme sind jedes für sich annähernd achromatisch, während dieses beim Antiplaneten nach dem Stand der damaligen Glasproduktion noch nicht der Fall sein konnte.

Die nach dem Patente Nr. 56109 ausgeführten Typen, welche später den Namen „Protare“ erhielten, sind die folgenden:

A. Protare.

Dieselben sind in verschiedenen Öffnungsverhältnissen ausgeführt und in folgende Serien geordnet worden:

Serie	I	mit dem	Öffnungsverhältnis	1/4,5
„	II	„	„	1/6,3
„	IIa	„	„	1/8
„	III	„	„	1/7,2
„	IIIa	„	„	1/9
„	IV	„	„	1/12,5
„	V	„	„	1/18.

Von diesen wurden die Serien I, II, IIa, III und IV später durch andere Typen ersetzt, so daß nur noch Serie IIIa und V ausgeführt werden.

Als Beispiel für Serie III dient das folgende Objektiv 1/7,2, für Serie IV das 1/12,5 und für Serie V das 1/18.

1. Anastigmat 1:7,2.

Dieses Doublet, welches aus einer zweifach verkitteten Vorder- und einer dreifachen Hinterlinse besteht, ist ein lichtstarkes Moment-

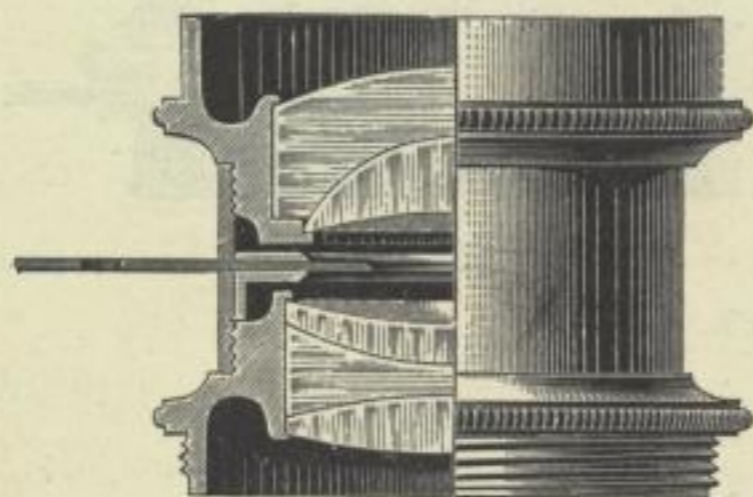


Fig. 119. Zeiss' Anastigmat 1:7,2.

und Weitwinkelobjektiv. Es gestattet die vielseitigste Verwendung und kann ebensowohl im Atelier als Porträtobjektiv, wie auch im Freien zu Momentaufnahmen, Panoramen, Architekturen und Interieurs verwendet werden. Das Verhältnis der freien Linsendurchmesser zur Brennweite des Gesamtsystems ist ca. 1:6, das der größten beigegebenen Blende 1:7,2. Der Gesichtswinkel ist 80 bis 85 Grad und darüber.

und Weitwinkelobjektiv. Es gestattet die vielseitigste Verwendung und kann ebensowohl im Atelier als Porträtobjektiv, wie auch im Freien zu Momentaufnahmen, Panoramen, Architekturen und Interieurs verwendet werden. Das Verhältnis der freien Linsendurchmesser zur Brennweite des Gesamtsystems ist ca. 1:6,

In Fig. 119 ist das Objektiv¹⁾ im Durchschnitt gezeichnet. Die hier folgenden Konstruktionselemente beziehen sich auf ein Objektiv dieser Serie von der Brennweite 100 und die Radien sind in Fig. 119 angezeigt.

Radien:		Glasdicken:
$r_1 = + 20,66$	$r_4 = - 30,27$	$d_1 = d_2 = 3,40$
$r_2 = + 8,49$	$r_5 = + 17,49$	$d_3 = 2,23$
$r_3 = - 25,27$	$r_6 = + 28,61$	$d_4 = 1,27$
	$r_7 = + 28,61$	$d_5 = 2,38$

Blendenentfernungen: $b_1 = 2,86$; $b_2 = 2,23$.

Glasarten

(bestimmt durch den Brechungsindex für die Fraunhofer *D*-Linie):

Baryt-Flint $L_1 = 1,56226$ Silikat-Crown $L_2 = 1,51910$

Baryt-Crown $L_3 = 1,56460$ Leicht-Flint $L_4 = 1,52053$

Barium-Crown $L_5 = 1,57360$.

2. Anastigmat 1:12,5.

Dieses Objektiv, Doublet aus zwei je zweifach verkitteten Linsen, besitzt bei einem Gesichtsfeld von 100 Grad noch genügende Lichtstärke, um Momentaufnahmen im Freien unter nicht gar zu ungünstigen Lichtverhältnissen zu machen. Mit Blende 1:18, die noch Momentaufnahmen gestattet, erreicht man ein Bildfeld von etwa 60 Grad vollkommen scharf und gleichmäßig belichtet. Die größeren Nummern eignen sich zu Reproduktionen und Gruppen-Aufnahmen. Der Durchmesser der Linsen verhält sich zur Brennweite des Systems wie 1:10 bis 1:12,5, die größte beigegebene Blende ist die vom Verhältnis 1:12,5.

Ein Objektiv von der Brennweite 100 und dem Durchmesser 10 hat folgende Konstruktionselemente²⁾ (s. Fig. 120):

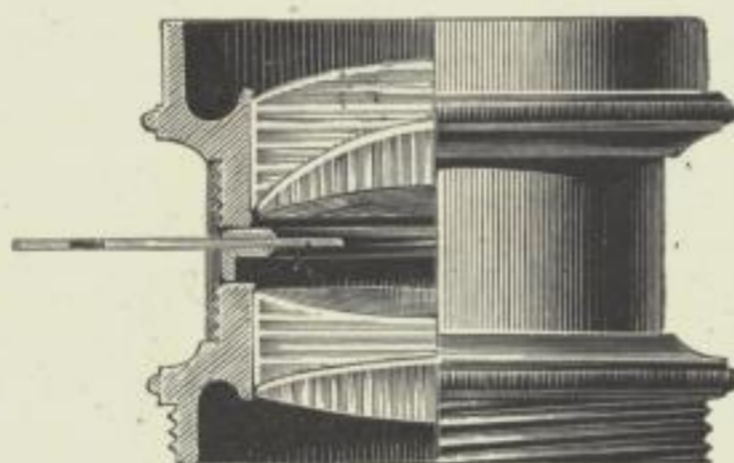


Fig. 120. Zeiss' Anastigmat 1:12,5.

Radien:		Glasdicken:
$r_1 = + 15,31$	$r_4 = - 20,41$	$d_1 = 1,94$
$r_2 = + 6,53$	$r_5 = + 19,18$	$d_2 = 2,35$
$r_3 = - 17,04$	$r_6 = + 19,18$	$d_3 = 1,12$
		$d_4 = 1,74$

Blendenentfernungen: $b_1 = 2,04$; $b_2 = 2,45$.

1) Astigmatische Kurve dieses Objektivs s. Eders Jahrbuch 1891. S. 236. Kurve 3.

2) Die astigmatische Kurve dieses Objektivs s. Eders Jahrb. 1891. S. 235 u. 236. Kurve 5.

Glasarten (bestimmt durch n_D):

Baryt-Flint $L_1 = 1,56804$	Silikat-Crown $L_2 = 1,52197$
Leicht-Flint $L_3 = 1,52150$	Barium-Crown $L_4 = 1,57360$.

3. Anastigmat 1:18.

Dieses System besteht ebenfalls aus vier Linsen, von denen je zwei verkittet sind, und gehört mit seinem Gesichtsfeld von fast 110 Grad unter die Kategorie der spezifischen Weitwinkelobjektive. Da dasselbe



Fig. 121. Zeiss' Anastigmat 1:18.

mit der größten Blende 1:18 vollkommen scharfe Bilder gibt und die Durchmesser der Linsen bei dieser Abblendung bereits für ein Bildfeld von größerer Ausdehnung eine gleichmäßige Belichtung von Mitte nach Rand gewähren, kann es noch zu Momentaufnahmen verwendet

werden. Bei kleinen Blenden und kleineren Brennweiten erhält man das ganze Gesichtsfeld bis zu 110 Grad scharf. Die größeren Objektive dieser Serie sind besonders für Zwecke der Strichreproduktion angepaßt; es ist bei ihrer Konstruktion also den Forderungen: gute sphärische und chromatische Korrektur, anastigmatisches ebenes Bildfeld und vollkommene Orthoskopie, ganz besonderes Gewicht beigelegt worden.

Die Durchmesser der Linsen verhalten sich zur Brennweite des Systems wie 1:13 bis 1:17, die größte Blende hat das Verhältnis 1:18.

Für ein Objektiv von der Brennweite 100 sind die Konstruktionselemente (Fig. 121):

Radien:		Glasdicken:
$r_1 = + 9,82$	$r_4 = - 20,09$	$d_1 = 0,89$
$r_2 = + 4,69$	$r_5 = + 14,28$	$d_2 = 1,25$
$r_3 = - 10,43$	$r_6 = + 20,09$	$d_3 = 0,71$
		$d_4 = 1,34$

Blendenentfernungen: $b_1 = b_2 = 1,52$.

Glasarten (bestimmt nach n_D):

Baryt-Flint $L_1 = 1,55247$	Silikat-Crown $L_2 = 1,51720$
Leicht-Flint $L_3 = 1,51674$	Barium-Crown $L_4 = 1,57360$.

Unter den Namen „Protarlinsen“ und „Doppelprotare“ fertigt die Firma Zeiss Objektive, die schon im Jahre 1895 unter dem Namen „Anastigmatlinsen“ in den Handel gebracht wurden, die aber ihrer Zusammensetzung nach einem anderen Konstruktionstypus angehören als die Protare. Es stellt nämlich die Protarlinse die Hälfte des Doppel-

protars dar, welcher aus zwei symmetrischen oder ähnlichen Hälften besteht, von denen jedes für sich aus vier Linsen verkittet ist. Sie wurden als Ersatz gewählt für die im Jahre 1893 als Serie VI und VI^a in den Handel gebrachte Anastigmatsatzlinse. Dieselbe entsprach der Hälfte des Goerzschen Doppelanastigmaten. Die jetzt noch als Serie VII und VII^a ausgeführten Protarlinse und Doppelprotare haben ein Öffnungsverhältnis von 1:11 bis 1:12,5 und 1:6,3 bis 1:7,7. Diese Konstruktionen finden hauptsächlich Verwendung zur Konstruktion von Objektivsätzen (Fig. 122).



Fig. 122. Zeiss' Protarlinse.

M. v. Rohr gibt in „Phot. Objektive“, S. 379, die Elemente der Anastigmatlinse 1:12,5 reduziert auf $f_D = 100$ mm.

$$\left. \begin{array}{l} d_1 = 1,3 \quad r_1 = -14,7 \\ d_2 = 1,7 \quad r_2 = +23,4 \\ d_3 = 1,7 \quad r_3 = \pm 11,2 \\ d_4 = 1,3 \quad r_4 = \pm 7,4 \\ \quad \quad r_5 = +15,5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Abstand der Blendenebene} \\ \text{von der ihr zugewandten} \\ \text{Fläche} = 1,9 \text{ mm.} \end{array}$$

Glasarten n_D :

$$\begin{array}{ll} L_1 = 1,51743 & L_3 = 1,51156 \\ L_2 = 1,61002 & L_4 = 1,58254 \end{array}$$

B. Planare.

Diese Objektive werden ausgeführt auf Grund des D. R. P. Nr. 92313 vom 14. November 1896.

Diese Objektive sind astigmatisch, sphärisch und chromatisch korrigiert und zur Mittelblende symmetrisch. Jeder Teil besteht aus zwei durch Luft getrennten Gliedern, von welchen das positive Glied aus einer einfachen Linse und das negative aus einer positiven Linse und einer mit ihr verkitteten negativen Linse besteht (Fig. 123).

Das Planar wurde im August 1897 als Serie I^a hauptsächlich für Reproduktionen in den Handel gebracht. Das Öffnungsverhältnis variiert zwischen 1:4,5 und 1:6,3. Nach M. v. Rohr (a. a. O. S. 391) sind die Konstruktionsdaten dieses Objektives reduziert auf $f_D = 100$ mm folgende:



Fig. 123. Zeiss' Planar.

$r_1 = + 32,0$; $r_{10} = 33,9$	$d_1 = d_6 = 5,0$	Glasarten n_D :
$r_2 = r_9 = - 144,1$	$b_1 = b_4 = 0,27$	$L_1 = L_6 = 1,56785$
$r_3 = + 37,6$; $r_8 = 32,6$	$d_2 = d_5 = 5,3$	$L_2 = L_5 = 1,56768$
$r_4 = r_7 = \pm 45,5$	$d_3 = d_4 = 2,7$	$L_3 = L_4 = 1,57087$
$r_5 = r_6 = - 20,5$	$b_2 = b_3 = 5,9$	

C. Unare.

Sie wurden als Serie I^b auf Grund des D. R. P. Nr. 134408 vom 3. November 1899 ausgeführt und fanden hauptsächlich für Handkamas Verwendung. Vorder- und Hinterlinse sind für sich allein nicht als Objektive verwendbar. Nach der Patentschrift sind die Konstruktionsdaten folgende:

Größte Öffnung = 16,6 mm, bei der Brennweite = 100 mm,
also rel. Öffnungsverhältnis $\frac{f}{6}$.

$r_1 = + 20,7$	d_1	= 3,5
$r_2 = + 117,4$	Luftabstand	= 2,1
$r_3 = - 46,3$	d_2	= 1,4
$r_4 = - 21,2$	1. Blendenabstand	= 2,1
	2. Blendenabstand	= 2,1
$r_5 = - 34,5$	d_3	= 1,4
$r_6 = + 46,3$	Luftabstand	= 0,1
$r_7 = - 172,6$	d_4	= 3,5
$r_8 = + 31,4$		

Glasarten:

	L_1	L_2	L_3	L_4
n_D . . .	1,59119	1,57970	1,51147	1,61091
n_F . . .	1,59800	1,58953	1,51710	1,61852
n_G . . .	1,60344	1,59779	1,52159	1,62469

Die Unare werden jetzt nicht mehr erzeugt.

D. Tessare.

Sie werden ausgeführt auf Grund des D. R. P. Nr. 142294 vom 25. April 1902 und als Ersatz für die Unare in den Handel gebracht in drei Serien: Serie I^c mit dem Öffnungsverhältnis 1:3,5 und 1:4,5, Serie II^b mit der rel. Öffnung 1:6,3, Serie VIII mit der rel. Öffnung 1:10 (Fig. 124).



Fig. 124. Zeiss' Tessar.

Die Tessare finden sowohl für Momentaufnahmen als auch für Reproduktionen Verwendung. Nach der Patentschrift sind die Konstruktionselemente folgende:

Brennweite = 100; größte rel. Öffnung = 19 mm:

$r_1 = + 21,5$	$d_1 = 3,3$
$r_2 = \pm \infty$	Luftabstand = 1,9
$r_3 = - 74,2$	$d_2 = 1,1$
$r_4 = - 20,8$	1. Blendenabstand = 3,0
	2. Blendenabstand = 3,0
$r_5 = - 111,3$	$d_3 = 1,1$
$r_6 = + 25,2$	$d_4 = 3,0$
$r_7 = + 36,7$	

Glasarten:

	L_1	L_2	L_3	L_4
n_D . . .	1,61132	1,60457	1,52110	1,61132
n_F . . .	1,61870	1,61436	1,52820	1,61895
n_G . . .	1,62462	1,62252	1,53397	1,62514

H. Roussel in Paris erzeugt seit 1896 unter dem Namen „Antispectroscopique“ ein symmetrisches Doppelobjektiv, das dem Typus des Goerzchen Doppelanastigmaten angehört.

Die „Quintuple-Lens“ von W. P. Thompson in Liverpool, die auch unter dem Namen „Turner-Reich-Anastigmat“ bekannt ist, ist ein symmetrisches Doppelobjektiv, das aus je 5 verkitteten Einzel-

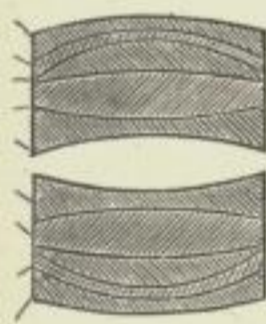


Fig. 125.
Quintuple-Lens.

linsen besteht (Fig. 125).

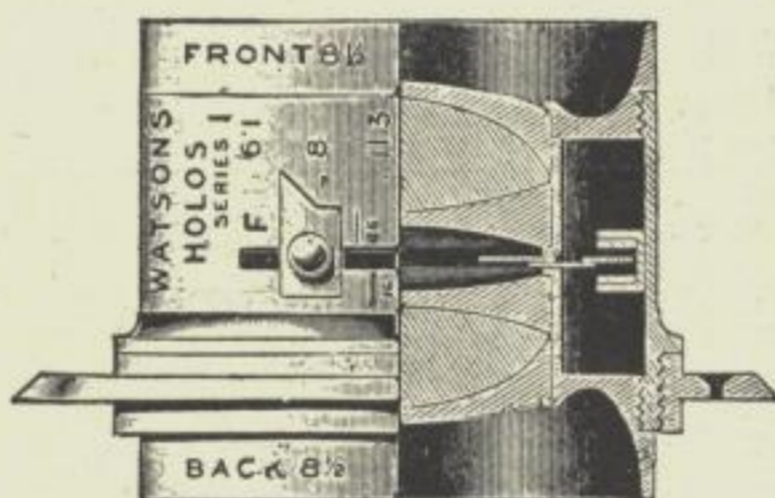


Fig. 126. Holostigmat.

Nach dem „Phot. Zentralblatt“ 1895, S. 31 sind die Konstruktionselemente folgende:

Linsen	Dicken	Radien	Glasart	mittl. Brechungsindex
A . .	2,3 mm	64,34 u.	Crown	1,52
B . .	1,4 „	34,98 u.	Flint	1,62
C . .	5,42 „	29,79 u.	Crown	1,52
D . .	8,8 „	89,79 u.	„	1,60
E . .	1,76 „	105,60 u.	„	1,52
		63,36		

Watsons & Sons in High Holborn, London erzeugen (1901) unter dem Namen „Holostigmat“ symmetrische Doppelobjektive von der Helligkeit $\frac{f}{6,1}$. Sie zeigen in ihrer äußeren Gestalt die zweite Form des Goerz-Doppelanastigmaten (Fig. 126).

Zusammenstellung der verschiedenen Anastigmaten.

Firma	Name des Objektivs	Öffnungsverhältnis	Bildfeldwinkel	Brennweite in cm	Art der Konstruktion	Verwendung	
H. L. Aldis (London)	Aldis Lens Serie II	$f: 6$	ca. 50°	12,8—21,5	unsymmetrisch; vereinfachter Gruppenantiplanet	für Handkamera u. Landschaftsaufnahmen	
	" Serie III	$f: 7,7$	55°	15—28			
C. Beck	Isostigmat 4 Serien	$f: 4,5$	60°	7,5—30	unsymmetrisch, aus fünf unverkitteten Linsen	Landschafts- u. Porträtaufnahmen	
		$f: 5,8$	70°	12—21			
		$f: 6,3$	90°	9—18			
		$f: 7,7$	65°	12—24			
E. Busch (Rathenow)	Omnar Serie I	$f: 4,5$	75°	13—25,5	symmetrisch; jedes Element besteht aus zwei unverkitteten Linsen und stellt für sich ein einfaches Objektiv dar	Momentaufnahmen, Porträt	
		$f: 5,5$	75°	9—45		Interieuraufnahmen	
		$f: 7,7$	80°	9—55		Landschaften, Reproduktionen	
J. H. Dallmeyer (London)	Stigmatic-Lens Serie I	1:4	40°	15—30	unsymmetr., aus 6 Linsen bestehend	Porträtobjektiv	
		1:6	70°	8—45,6	unsymmetr., " 5 Linsen "	Universalobjektiv	
		1:7,5	75°	7,6—39,9	unsymmetr., " 4 Linsen "	Handkamera	
C. P. Goerz (Berlin-Friedenau)	Dagor Serie III	$f: 6,8$	$70-90^\circ$	4—90	symmetrisch; jedes Element besteht aus drei verkitteten Linsen und läßt sich als einfaches Objektiv verwenden	Universalinstrument	
		$f: 11$	90°	30—120		Weitwinkelaufnahmen, hauptsächlich für Reproduktionen	
	Celor Serie Ib	$f: 4,5-f: 6,5$	70°	6—48	symmetrisch, jedes Element besteht aus zwei unverkitteten Linsen, die mit kleiner Blende als Einzelobjektiv verwendbar sind	Momentaufnahmen, Porträt, Gruppen, Vergrößerungen, Projektionen und Dreifarbendruck; Serie Ic hauptsächlich für Handkamera	
		$f: 6,3$		9—27			
		$f: 6,8$	64°	12—21	symmetrisch; ähnlich dem Celor, mit größeren Zwischenräumen zwischen den beiden Elementen	hauptsächlich für Handkamera	
	Syntor Serie Id	$f: 6,3$	85°	8,6—27,6	symmetrisch; jedes Element besteht aus vier verkitteten Linsen und läßt sich als einfaches Objektiv verwenden	zu denselben Zwecken wie „Celor“; die Elemente des Objektivs lassen sich zu zwei und zwei zu Satzobjektiven kombinieren	
	Pantar	$f: 6,3$					

C. P. Goerz (Berlin - Friedenau)	Hypergon Serie X	$f: 22-f: 33$	135°	6—20	symmetrisch; jedes Element be- steht aus einer einfachen Linse, sphärische und chromatische Ab- weichung sind wegen der kleinen Blende fast ohne Einfluß	Weitwinkel- aufnahmen
Alethar Serie V	Mikrosummare	1:11	70°	30—120	symmetrisch; jede Hälfte besteht aus einer bikonvexen Linse und einer von ihr getrennten 3fach verkitteten Linse	Reproduktionsobjektiv
Leitz (Wetzlar)	Aristostigmat	$f: 4,5$ $f: 5,5$ $f: 6,8$	65° 70° 82°	9—21 6—42 4—90	fast symmetrisch; jedes Element besteht aus zwei losen Linsen und ist als einfaches Objektiv zu gebrauchen	Mikrophotographische Zwecke für alle Zwecke
H. Meyer (Görlitz)	Doppelaristostigmat	$f: 6,8$	82°	4—90	symmetrisch; jedes Element be- steht aus vier verkitteten Linsen und ist als Einzelobjektiv ver- wendbar	für alle Zwecke; läßt sich als Satz- objektiv verwenden
C. Reichert (Wien)	Solar Combinar Serie Ia	$f: 6,8$ $f: 6,3$	82° 82°	12—21 8—30	identisch mit dem Celor symmetrisch; jedes Element be- steht aus vier verkitteten Linsen und läßt sich als Einzelobjektiv verwenden	für alle Zwecke für alle Zwecke; die Einzelelemente lassen sich zu einem Satzobjektiv kombinieren
A. H. Rietzschel (München)	Linear Serie A " B " C Reproduktions- objektiv	$f: 4,5-f: 4,8$ $f: 5,5-f: 6$ $f: 6,8-f: 7$ $f: 11$	70—80° 70—80° 70—80°	6—42 6—60 6—90 30—120	symmetrisch, jedes Element be- steht aus vier verkitteten Linsen. Die Einzelelemente der drei Se- rien lassen sich als einfache Objektive gebrauchen	für alle Zwecke; die Elemente lassen sich zu einem Satzobjektiv kombinieren
G. Rodenstock (München)	Imagonal Serie I Pantogonal	$f: 6$ $f: 18$	60—80° 125 bis 130°	6—150 8,5—75	unsymmetrisch; das Hinterglied besteht aus drei, das Vorderglied aus einer Linse Periskop, in dem eine Hälfte ver- kittet ist	Reproduktionen, Innenräume für alle Zwecke; die Elemente lassen sich zu einem Satzobjektiv vereinigen Weitwinkelobjektiv

Anastigmat.

Zusammenstellung der verschiedenen Anastigmaten.

Firma	Name des Objektivs	Öffnungsverhältnis	Bildfeldwinkel	Brennweite in cm	Art der Konstruktion	Verwendung
Schulze & Billerbeck (Berlin)	Euryplan	$f: 4,5$	80°	9—32	symmetrisch, sechslinsig	Porträtaufnahmen für alle Zwecke
		$f: 6$	90°	6—60		
		$f: 7,7$	82°	6—60		
Simon, G. (Dresden)	Oktanar Tetranar	$f: 6,3$	85°	9—60	symmetrisch, achtlinsig ähnlich wie „Omniar“ von Busch	für alle Zwecke
		$f: 4,5$	75°	9—30		
		$f: 6$	75°	9—60		
C. A. Steinheil Söhne (München)	Orthostigmat Serie B " D " F " D " E	$f: 6,8$	85°	5,4—60	symmetrisch; jedes Element besteht aus drei verkitteten Einzel- linsen und stellt für sich ein sphärisch, chromatisch und astig- matisch korrigiertes Einzelobjek- tiv dar	Universalinstrumente; lassen sich zu Sätzen kombinieren
		$f: 8$	80°	6—25		
		$f: 9$	75°	36—90		
		$f: 10$	80°	30—90		
		$f: 12$	100°	7,5—25		
E. Suter (Basel)	Unofokal Serie I " II	$f: 4,5$	60°	11—50	symmetrisch; jedes Element be- steht aus zwei unverkitteten Linsen	Universalinstrumente; Serie II hauptsächlich für Handkamera- zwecke
		$f: 6$	70°	6—30		
		$f: 6,8-f: 7,2$	80°	62—90		
Taylor, Taylor & Hobson (Leicester)	Anastigmat Serie I " II " III	$f: 6,3$	70°	14—52	symmetrisch; jedes Element be- steht aus vier verkitteten Linsen und läßt sich als Einzelobjektiv verwenden	für alle Zwecke; lassen sich zu Sätzen kombinieren
		$f: 5$	60°	10—22		
		$f: 4,5$	ca. 48°	13—46		
Taylor, Taylor & Hobson (Leicester)	Cooke-Lens Serie IIa " IIIa " IVa " Va	$f: 6,5$	"	13—46	} unsymmetrisch; aus drei unver- kitteten Einzellinsen	Porträts Moment- und Gruppenaufnahmen " " Reproduktionen Gruppen und Reproduktionen
		$f: 5,6$	"	13—45		
		$f: 8$	"	13—46		
		$f: 5,4-f: 6,3$	60°	6—60		
		$f: 6,8-f: 7,7$	66°	5,5—58		
Voigtländer & Sohn A.-G. (Braunschweig)	Kollinear Serie II " III " IV	$f: 12,5$	75°	10—80	symmetrisch; jedes Element be- steht aus drei verkitteten Linsen analog den Orthostigmaten von Steinheil	} für alle Zwecke; läßt sich zu Sätzen kombinieren Weitwinkelobjektiv für Innen- aufnahmen

Voigtländer & Sohn A.-G. (Braunschweig)	Heliar	$f: 4,5$	48°	5—60	unsymmetrisch; besteht aus drei Elementen; die beiden äußeren bestehen aus zwei verkitteten, das mittlere aus einer Einzellinse	für alle Zwecke
	Dynar	$f: 6$	63°	12—68	dieselbe wie „Heliar“	für alle Zwecke
	Oxyn	1:9	ca. 30°	36—170	unsymmetrisch, zusammengesetzt aus „Heliar“ und „Dynar“	Reproduktionsobjektiv
C. Zeiss (Jena)	Protar Serie IIa	$f: 8$	75°	9—43,3	unsymmetrisch; bei der Serie IIa besteht die Vorderlinse aus zwei, die Hinterlinse aus drei verkitteten Gläsern; bei den Serien IIIa und V bestehen Vorder- und Hinterlinse aus zwei verkitteten Einzellinsen	} für alle Zwecke Weitwinkelobjektiv
	„ IIIa	$f: 9$	97°	7,5—40,7		
	„ V	$f: 18$	110°	4—97,7		
	Doppelprotar Serie VIIa	$f: 6,3—f: 7,7$	$70—80^\circ$	6,1—59,5	symmetrisch; jedes Element besteht aus vier verkitteten Linsen und ist als einfaches Objektiv verwendbar	läßt sich zu einem Satzobjektiv kombinieren
	Planar Serie Ia	$f: 3,6—f: 6,3$	$62—72^\circ$	2—47	fast symmetrisch; die Einzellemente bestehen aus einer Einzellinse, die durch einen Luftmeniskus von einer zweifach verkitteten Linse getrennt ist	die 5 unteren Nummern von $f: 4,5$ für Vergrößerung und Mikroskop. Reproduktionen; die Nummern 6—17 von $f: 3,6—f: 5$ für Moment-, Porträtaufnahmen und Reproduktionen; die Nummern 22—78 von $f: 6,3$ für Dreifarbenphot.
	Unar Serie Ib	$f: 4,5—f: 6,3$	65°	11,2—46	unsymmetrisch; jedes Element besteht aus zwei losen Linsen	Porträt, Gruppen und Landschaften
	Tessar Serie Ic	$f: 3,5—f: 4,5$	$62—72^\circ$	5—50	unsymmetrisch; das Vorderglied besteht aus zwei losen, das hintere aus zwei verkitteten Linsen	die unteren Nummern der Serie Ic von $f: 3,5$ für Porträt, 13—20 von $f: 4,5$ für Porträt und Momentaufnahmen
	„ Ib	$f: 6,3$	$62—72^\circ$	4—59		für alle Zwecke

Der „Plastigmat“ $\frac{f}{6,8}$ von Bausch & Lomb in Rochester stellt den Goerz-Doppelanastigmat dar, bei dem der positive Meniskus durch zwei Linsen ersetzt ist (Fig. 127).

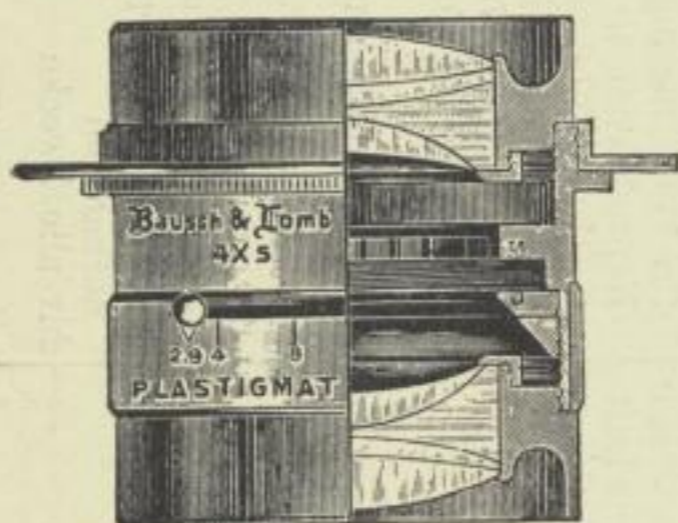


Fig. 127. Plastigmat.

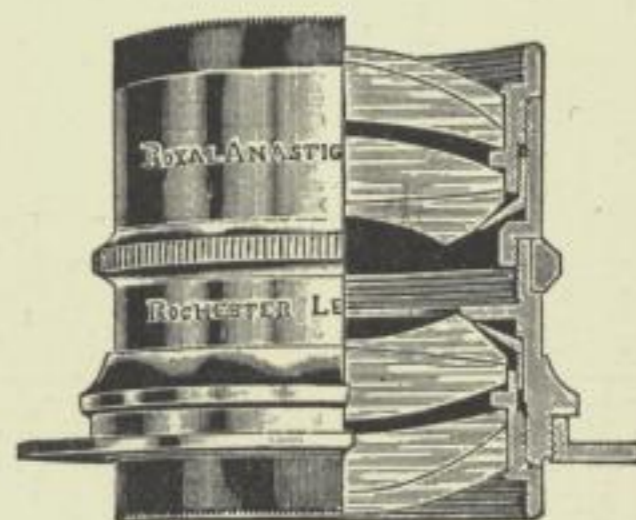


Fig. 128. Royal-Anastigmat.

Der „Royal Anastigmat“ der Rochester Lens Co. in Amerika ist eine symmetrische Linse, welche aus vier einzelstehenden Systemen besteht, deren jedes für sich aus zwei Linsen verkittet ist. Die Helligkeit variiert zwischen $\frac{f}{5}$ bis $\frac{f}{7}$ (Fig. 128).

E. Morin in Ligny stellt seit 1903 einen Anastigmaten her mit der Öffnung 1:7. Er gleicht dem Goerzschen Syntor.

O. Sichel in London stellt seit 1904 ein Achtlinsensystem her unter dem Namen „Planastigmat“. Die äußere Form ist die des Goerzschen Doppelanastigmaten unter Ersatz der Bikonkavlinse durch zwei.

Die optische Anstalt Ludwig Büniger in Berlin-Schmargendorf erzeugt seit 1904 ein symmetrisches Doppelobjektiv unter dem Namen „Pantoplan“ mit der Helligkeit $\frac{f}{6}$. Sie stellt ebenfalls den Goerz-Doppelanastigmaten dar mit losgekittetem positiven Meniskus.

ZEHNTES KAPITEL.

OBJEKTIVSÄTZE. — PHOTOGRAPHIEREN AUF GROSSE ENTFERNUNGEN (TELE-OBJEKTIVE).

Seit symmetrisch gebaute photographische Objektive bestehen, hat man auch sogenannte Objektivsätze konstruiert. Ein Objektivsatz besteht aus einer größeren Anzahl von Hälften symmetrischer Objektive, die sowohl einzeln, als zu je zweien miteinander kombiniert, verwendet werden können. Dadurch hat man je nach der Anzahl der verwendeten Objektivhälften verschieden viele Brennweiten zur Verfügung. Ist allgemein n die Anzahl der Objektivhälften, so ist die Anzahl der zur Verfügung stehenden Brennweiten

$$C = \frac{n \cdot (n - 1)}{2} + n,$$

da man die n Objektivhälften zu zweien ohne Wiederholung kombinieren und noch jede für sich allein verwenden kann.

Bei Verwendung je einer Hälfte von 2 symmetrischen Objektiven verschiedener Brennweite erhält man deshalb 3 Brennweiten. Bei Verwendung von 3 Hälften ergeben sich 6 Brennweiten, 4 Hälften liefern 10 Brennweiten u. s. f.

Wenn die Einzellinsen alle in einen Objektivkörper passen, kommt man mit diesem allein aus und hat doch mehrere Objektive zur Verfügung. Dies ist besonders auf Reisen sehr angenehm.

I. Kombinierte aplanatische Objektivsätze.

Mit Hilfe von Aplanathälften wurden seit Jahrzehnten von Steinheil in München, Suter in Basel, Français und Berthiot in Paris, Goerz in Berlin und vielen anderen Objektivsätze erzeugt, die wegen ihrer Billigkeit auch heute noch benutzt werden, obwohl sie durch Objektivsätze verdrängt wurden, welche aus den Hälften symmetrischer Anastigmaten hergestellt werden.

Steinheils Landschaftslinsensatz ist speziell für Landschaftsaufnahmen konstruiert¹⁾ und besitzt eine wirksame Öffnung von $\frac{f}{12}$ bis $\frac{f}{15}$; die Helligkeit ist groß genug, um bei gutem Lichte Momentaufnahmen im Freien zu machen und die Bilder der Doppelkombination sind frei von Verzerrung. Er umfaßt vier Linsen, welche einen gemeinschaftlichen Stutzen haben und sich in demselben mittels Bajonettverschluß befestigen lassen.



Fig. 129. Steinheils Objektivsatz.

Fig. 129 zeigt das äußere Ansehen der Kombination in Etui. Für Lichtdruckaufnahmen, wozu verkehrte Negative notwendig sind, wird ein Prisma beigegeben.

Die Brennweiten der möglichen Kombinationen sind folgende:

Kombination	Brennweite cm	Bildgröße	
		mit größter Blende cm	mit kleinster Blende cm
Linse II vorne, I hinten	20	} 13 × 18	} 20 × 28
Linse III vorne, II hinten	26		
Linse I allein (hinten)	32		
Linse IV vorne, III hinten	33		
Linse II allein	40		
Linse III allein	50		
Linse IV allein	62		

Die nähere Einrichtung dieses vortrefflichen Steinheilschen Landschaftslinsensatzes, welcher sich für Platten von 13×18 oder 18×24 cm gut bewährt²⁾, geht aus Fig. 130 und der nachstehenden Erklärung hervor.

Zur Herstellung dieses Landschaftseinsatzes wurde ein Landschaftsplanat gerechnet, der aus zwei einander sehr nahestehenden Objektiven besteht, welche nicht gleich aber ähnlich sind und miteinander ganz korrekte Bilder geben. Die Vorderlinse hat die kürzere, die Hinterlinse die längere Brennweite. Zwei solche Landschaftsplanate mit verschiedenen Brennweiten ausgeführt, liefern die vier Linsen für den Einsatz und sind so gewählt, daß die Brennweite der Hinterlinse des ersten Aplanates zur Brennweite der Vorderlinse des zweiten Aplanates in demselben Verhältnis steht, wie die Brennweite der Vorderlinse zur Brennweite der

1) Zuerst im Jahre 1881.

2) Einzelne Kombinationen geben auch Bilder bis zum Formate 20 × 28 cm.

Hinterlinse in jedem der beiden Aplanate, wodurch sämtliche Kombinationen korrekt zeichnen. Die einzelnen Linsen bestehen aus Leichtflint und Crown und haben folgende Elemente:

Glasarten $n' = 1,5637$
 $n = 1,5290$

Erster Aplanat.

Linse I.

Öffnung 23 mm.

$D = 3,1$ $R = -31,01$
 $D_1 = 3,6$ $R_1 = +14,74$
 $R_2 = +38,50$

Linse II.

$D = 4,0$ $R = +45,96$
 $D_1 = 3,7$ $R_1 = -17,52$
 $R_2 = -37,10$

Zweiter Aplanat.

Linse III.

Öffnung 23 mm.

$D = 4,3$ $R = -42,40$
 $D_1 = 4,9$ $R_1 = +20,1$
 $R_2 = +52,59$

Linse IV.

$D = 5,9$ $R = +63,11$
 $D_1 = 5,1$ $R_1 = -24,07$
 $R_2 = -51,10$

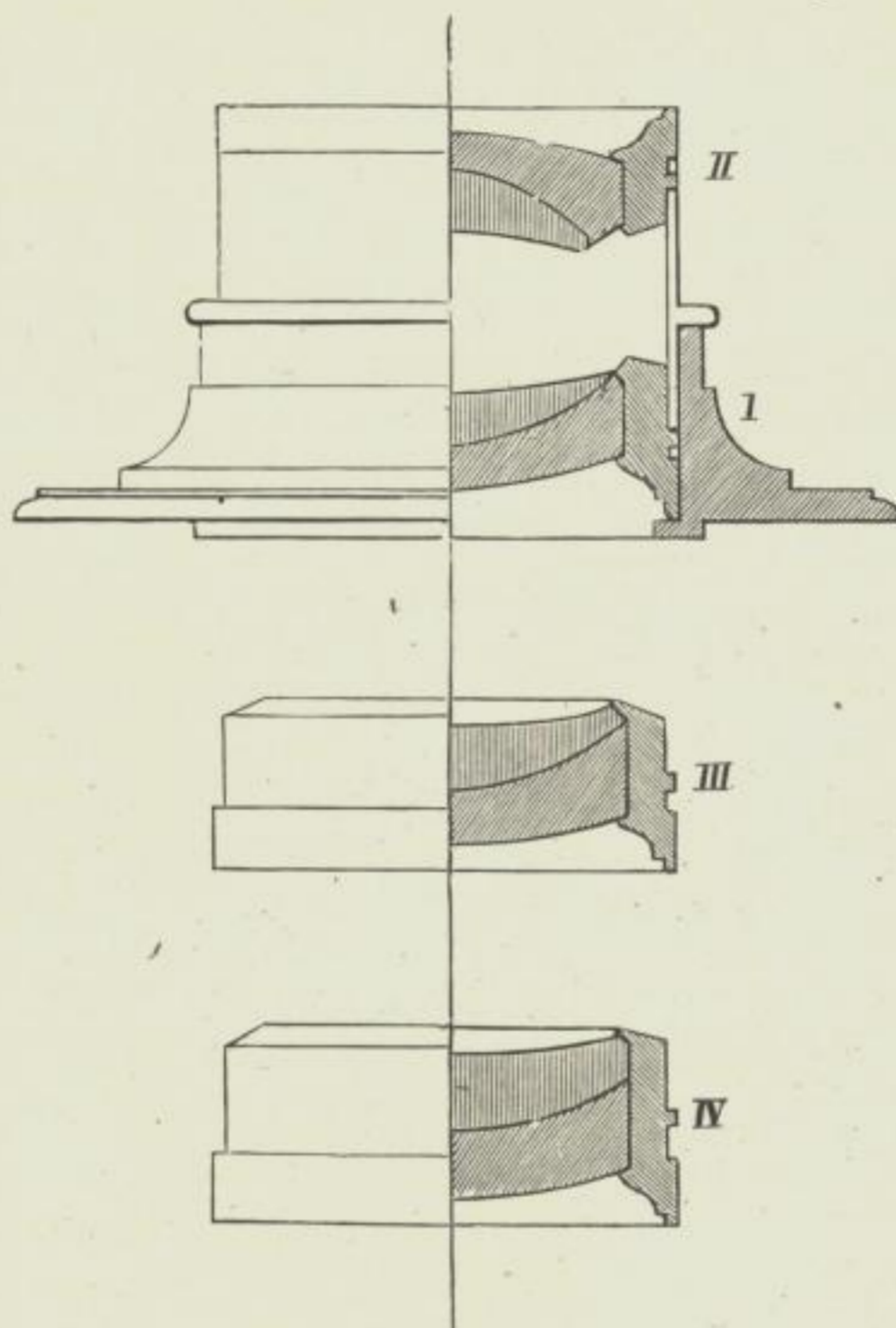


Fig. 130. Steinheils Landschaftslinsensatz.

II. Anastigmatische Objektivsätze.

Gerade wie die Anastigmaten die nicht anastigmatisch korrigierten Objektivsätze, Aplanate, Antiplanete, Euryskope usw., überall da verdrängt haben, wo es sich nicht nur um die Preisfrage handelt, sind die aplanatischen Objektivsätze durch Objektivsätze verdrängt worden, welche aus den Hälften anastigmatisch korrigierter Objektivsätze zusammengesetzt sind, so daß jetzt viel mehr solche Objektivsätze im Gebrauch sind.

Wir wollen die verschiedenen anastigmatischen Objektivsätze wieder in alphabetischer Reihenfolge ihrer Verfertiger hier aufführen.

1. Stigmarsätze von Emil Busch, Akt.-Ges., Rathenow.

Aus den Hälften des S. 111 beschriebenen Satz-anastigmaten Stigmar $f:6,3$ werden drei verschiedene Sätze für die Plattenformate 9×12 cm, 13×18 cm und 18×24 cm hergestellt. Die Sätze für 9×12 cm und

13 × 18 cm sind aus drei verschiedenen Hälften zusammengesetzt, aber eine dieser Hälften ist auch noch doppelt beigegeben, um auch ein normales Objektiv von der Helligkeit $f:6,3$ zu erhalten. Es stehen deshalb bei der Verwendung von vier halben Objektiven 7 Brennweiten zur Verfügung. Der Satz für Platte 18 × 24 cm ist aus vier Hälften zusammengesetzt, es wird aber die Linse der längsten Brennweite nicht mit derjenigen der kürzesten Brennweite kombiniert, weshalb nur 9 verschiedene Brennweiten zur Verfügung stehen.

Satz für Platte 9 × 12 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	230 mm	$f:12,5$	36°
II	185 „	$f:12,5$	44°
III	155 „	$f:12,5$	52°
I + II	125 „	$f:7,1$	64°
I + III	107 „	$f:7,6$	70°
II + III	97 „	$f:6,8$	76°
I + I	135 „	$f:6,3$	58°

Satz für Platte 13 × 18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	350 mm	$f:12,5$	35°
II	280 „	$f:12,5$	43°
III	230 „	$f:12,5$	52°
I + II	182 „	$f:7,0$	62°
I + III	163 „	$f:7,7$	68°
II + III	148 „	$f:6,9$	74°
I + I	205 „	$f:6,3$	56°

Satz für Platte 18 × 24 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel	Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	480 mm	$f:12,5$	34°	II + III	237 mm	$f:7,5$	65°
II	420 „	$f:12,5$	39°	II + III	223 „	$f:7,0$	68°
III	350 „	$f:12,5$	46°	II + IV	196 „	$f:7,7$	75°
IV	280 „	$f:12,5$	56°	III + IV	182 „	$f:7,1$	79°
I + II	261 „	$f:6,9$	60°				

2. Dallmeyer in London stellt aus der Seite 111 beschriebenen Stigmatic Lens zwar keinen eigentlichen Objektivsatz her, man hat aber bei jedem Objektiv 3 Brennweiten zur Verfügung, weil Vorder- und Hinterlinse des unsymmetrischen Objektivs auch für sich verwendet werden können.

3. Universal- und Satzobjektiv Pantar von Goerz.

Der Goerzische Doppelanastigmat „Pantar“ (Fig. 131) ist ein symmetrischer Anastigmat, dessen Hälften, Pantarlinsen genannt, aus vier Einzellinsen verkittet und so vollkommen korrigiert sind, daß sie selbst schon mit voller Öffnung $f:12,5$ die Platte, für welche sie bestimmt sind, scharf auszeichnen. In Kombinationen kann das Öffnungsverhältnis bis 1:6,3 steigen. Dies ist dann der Fall, wenn der normale Doppelanastigmat hergestellt wird, d. h. wenn Vorder- und Hinterlinse gleiche Brennweite besitzen.

Es werden viererlei Pantar-Objektivsätze ausgeführt, nämlich für die Plattenformate 9×12 , $10 \times 12,5$, 13×18 und 18×24 cm. Jeder Satz besteht aus Pantarlinsen von 3 verschiedenen Brennweiten, von welchen aber eine doppelt vertreten ist, um eine Kombination mit der größten Lichtstärke $1:6,3$ zu erhalten. Es ergeben deshalb die 4 Einzel-linsen 7 verschiedene Brennweiten, nämlich um eine mehr, als unsere Formel S. 139 ergeben würde, wenn wir die 3 Linsen zugrunde legen, weil eben die doppelt beigegebene eine Linse nur eine Kombination mehr liefern kann, den normalen Doppel-anastigmat Pantar.

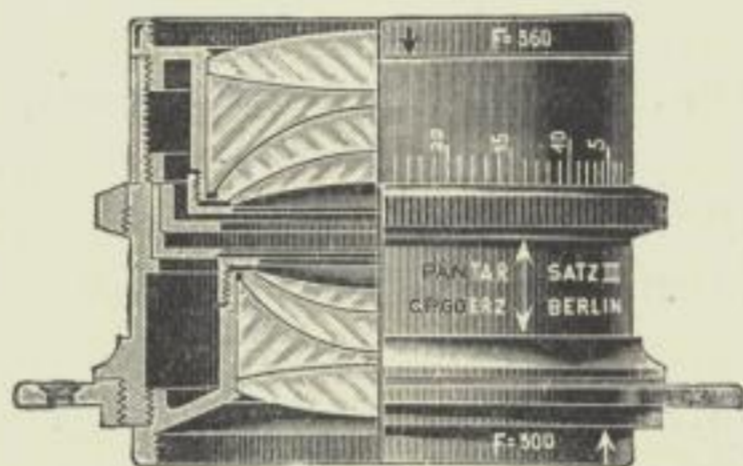


Fig. 181.

Bezeichnen wir die Linse mit der längsten Brennweite mit I, diejenige mit nächst kleinerer mit II und die mit der kleinsten mit III, so haben wir für die verschiedenen Plattenformate folgende Brennweiten, Öffnungsverhältnisse und Bildwinkel.

a) Kombinationen für Platte 9×12 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	240 mm	$f: 12,5$	34°
II	180 „	$f: 12,5$	45°
III	150 „	$f: 12,5$	53°
I + I	138 „	$f: 6,3$	57°
I + II	118 „	$f: 7,2$	65°
I + III	106 „	$f: 7,7$	70°
II + III	94 „	$f: 6,8$	77°

b) Kombinationen für Platte $10 \times 12,5$ cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	300 mm	$f: 12,5$	30°
II	240 „	$f: 12,5$	37°
III	180 „	$f: 12,5$	48°
I + I	172 „	$f: 6,3$	50°
I + II	153 „	$f: 7,2$	55°
I + III	134 „	$f: 9,0$	61°
II + III	118 „	$f: 7,2$	68°

c) Kombinationen für Platte 13×18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	360 mm	$f: 12,5$	34°
II	300 „	$f: 12,5$	40°
III	240 „	$f: 12,5$	50°
I + I	207 „	$f: 6,3$	56°
I + II	188 „	$f: 6,8$	61°
I + III	165 „	$f: 7,7$	68°
II + III	153 „	$f: 7,2$	72°

d) Kombinationen für Platte 18×24 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	480 mm	$f: 12,5$	34°
II	420 „	$f: 12,5$	39°
III	360 „	$f: 12,5$	45°
I + I	276 „	$f: 6,3$	57°
I + II	257 „	$f: 6,8$	60°
I + III	236 „	$f: 7,2$	65°
II + III	223 „	$f: 6,8$	68°

Der Blendenring auf dem Rohrstutzen trägt bei allen Sätzen Millimetereinteilung, das Öffnungsverhältnis kann aus einer den Sätzen beigegebenen Tabelle entnommen werden.

4. Aristostigmatsatz von Hugo Meyer & Co. in Görlitz.

Der Aristostigmatsatz wird aus den Hälften des Doppelaristostigmaten gebildet, die aus vier verkitteten Linsen bestehen, welche allein das für sie bestimmte Plattenformat mit voller Öffnung auszeichnen.

Es werden 3 verschiedene Sätze ausgeführt, nämlich für die Plattenformate 9×12 , 13×18 und 18×24 cm. Der Objektivsatz für Platte 9×12 besteht aus 4 Hälften, unter welchen, wie bei Goerz, zwei gleich sind, so daß man 7 Brennweiten erhält.

Der Satz für Platte 13×18 besteht aus 4 Hälften, müßte also 10 Brennweiten liefern; die Kombination der längsten mit der kürzesten Brennweite ist aber weggelassen, so daß sich nur 9 Brennweiten ergeben.

Für Platte 18×24 besteht der Satz aus 5 Hälften, er würde also 15 Brennweiten ergeben, wenn nicht drei Kombinationen weggelassen wären, welche zu ungleiche Brennweiten kombinieren würden.

Unter Anwendung der gleichen Bezeichnungsweise, wie bei den Goerzschen Sätzen, erhalten wir wieder folgende Tabellen:

a) Kombinationen für Platte 9×12 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	300 mm	$f: 13,6$	22°
II	240 „	$f: 13,6$	34°
III	180 „	$f: 13,6$	45°
I + II	130 „	$f: 6,8$	60°
I + III	110 „	$f: 6,8$	68°
II + III	100 „	$f: 6,8$	73°
III + III	90 „	$f: 6,8$	79°

b) Kombinationen für Platte 13×18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	420 mm	$f: 13,6$	24°
II	360 „	$f: 13,6$	34°
III	300 „	$f: 13,6$	40°
IV	240 „	$f: 13,6$	50°
I + II	195 „	$f: 6,8$	59°
I + III	175 „	$f: 6,8$	65°
II + III	160 „	$f: 6,8$	69°
II + IV	140 „	$f: 6,8$	76°
III + IV	130 „	$f: 6,8$	81°

c) Kombinationen für Platte 18×24 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel	Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	540 mm	$f: 13,6$	31°	I + III	240 mm	$f: 6,8$	64°
II	480 „	$f: 13,6$	34°	II + III	220 „	$f: 6,8$	68°
III	420 „	$f: 13,6$	39°	II + IV	210 „	$f: 6,8$	70°
IV	360 „	$f: 13,6$	45°	III + IV	195 „	$f: 6,8$	76°
V	240 „	$f: 13,6$	64°	III + V	155 „	$f: 6,8$	88°
I + II	260 „	$f: 6,8$	64°	IV + V	140 „	$f: 6,8$	94°

Alle drei Sätze werden in vier Ausführungsarten geliefert:

- ohne Zugabe,
- mit drei Gelbscheiben,
- mit Sektorenverschluß zwischen den Linsen,
- mit Sektorenverschluß zwischen den Linsen und drei Gelbscheiben.

5. Combinar-Objektivsätze von Reichert in Wien.

Der Reichertsche Combinar-Objektivsatz wird aus den Hälften des Combinar-Doublets gebildet. Die Hälften sind aus 4 Linsen verkittet, haben das Öffnungsverhältnis 1:12,5 und zeichnen das Plattenformat, für welches sie bestimmt sind, mit voller Öffnung scharf aus. Von den 4 Sätzen, welche ausgeführt werden, dienen einer für Platte 9×12 cm,



Fig. 132.

zwei für 13×18 cm und einer für Platte 18×24 cm. Jeder Satz besteht aus 3 Linsen, liefert also 6 Brennweiten.

1. Satz Alpha für Platte 9×12 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	260 mm	$f: 12,5$	32°
II	208 „	$f: 12,5$	39°
III	156 „	$f: 12,5$	51°
I + II	134 „	$f: 6,8$	58°
I + III	115 „	$f: 7,9$	66°
II + III	104 „	$f: 7,2$	71°

2. Satz Beta für Platte 13×18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	416 mm	$f: 12,5$	30°
II	312 „	$f: 12,5$	39°
III	260 „	$f: 12,5$	46°
I + II	206 „	$f: 7,0$	56°
I + III	185 „	$f: 7,7$	62°
II + III	164 „	$f: 6,8$	68°

3. Satz Gamma für Platte 13×18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	364 mm	$f: 12,5$	33°
II	312 „	$f: 12,5$	39°
III	260 „	$f: 12,5$	46°
I + II	194 „	$f: 6,8$	59°
I + III	175 „	$f: 7,4$	65°
II + III	164 „	$f: 6,8$	68°

4. Satz Delta für Platte 18×24 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	520 mm	$f: 12,5$	32°
II	416 „	$f: 12,5$	39°
III	312 „	$f: 12,5$	51°
I + II	267 „	$f: 7,4$	58°
I + III	225 „	$f: 8,0$	67°
II + III	206 „	$f: 7,4$	72°

6. Linearsatz von Rietzschel in München.

Dieser Objektivsatz wird aus Kombinationen der Hälften der Rietzschelschen Lineare Serie A, B und C gebildet, welche, wie Seite 117 gezeigt, aus 4 Linsen verkittet sind. Aus jeder Serie werden zwei Sätze hergestellt für Platten 9×12 cm und 13×18 cm; zu jedem Satz werden 4 Hälften verwendet, von diesen werden aber die größte und die kleinste nicht zu einem Objektiv kombiniert, es stehen deshalb nur 9 Brennweiten zur Verfügung.

a) Linearsatz Serie A für Platte 9×12 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	360 mm	$f: 9,5$	23°
II	300 „	$f: 9,5$	28°
III	240 „	$f: 9,5$	34°
IV	180 „	$f: 9,5$	45°
I + II	165 „		49°
I + III	150 „		53°
II + III	135 „		58°
II + IV	120 „		64°
III + IV	105 „		71°

b) Linearsatz Serie A für Platte 13×18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	420 mm	$f: 9,5$	
II	360 „	$f: 9,5$	32°
III	300 „	$f: 9,5$	40°
IV	240 „	$f: 9,5$	50°
I + II	195 „		59°
I + III	180 „		63°
II + III	165 „		68°
II + IV	150 „		73°
III + IV	135 „		79°

Vollständig analog sind die Sätze Serie B und C angeordnet. Über die wirklichen Öffnungsverhältnisse werden seitens der Firma Rietzschel keine klaren Angaben gemacht. Es wird nur angegeben, die Sätze der Serien A, B und C hätten die Lichtstärken $\frac{f}{4,8}$; $\frac{f}{5,5}$ und $\frac{f}{6,8}$. Das ist aber sicher nicht für alle kombinierten Objektiv der Fall.

7. Universal-Anastigmatsatz „Imagonal“ von Rodenstock in München.

Dieser Anastigmatsatz ist der einzige, welcher nicht aus den



Fig. 133.

Hälften eines symmetrischen Objektivs besteht, da das Imagonal (siehe Fig. 100 S. 117) aus einer einfachen Vorderlinse und einer dreifach verkitteten Hinterlinse, analog der Hälfte des Goerzchen Dagors, besteht. Für den Objektivsatz wird nun die 3fach verkittete Linse als Vorderlinse genommen und mit dieser 4 einfache Linsen als Hinterlinsen, dies gibt 4 Kombinationen; die Vorderlinse allein und drei von den einfachen Linsen allein liefern dann noch 4 Brennweiten,

so daß im ganzen 8 Brennweiten zur Verfügung stehen. Ausgeführt wird der Satz nur für die Plattenformate 13×18 cm und 18×24 cm.

8. Euryplan-Anastigmatsatz von Schulze & Billerbeck
in Berlin-Potsdam.

Aus den Hälften des Euryplan $F:6$ und $F:7$ werden je zwei Objektivsätze hergestellt für Platte 9×12 cm und 13×18 cm. Die Hälften des Euryplan bestehen aus 3 Linsen, von welchen zwei miteinander verkittet sind. Jeder Satz setzt sich aus 4 Linsen zusammen, da aber die größte und die kleinste Linse nicht kombiniert werden, stehen eigentlich nur 9 Brennweiten zur Verfügung.

a) Satz $F:6$ für Platte 9×12 cm.

Linse	Brennweite	Größe Öffnung	Bildwinkel	Linse	Brennweite	Größe Öffnung	Bildwinkel
I	314 mm	$f:12$	27°	I + III	144 mm		55°
II	262 "	$f:12$	32°	II + III	133 "		58°
III	209 "	$f:12$	39°	II + IV	112 "		67°
IV	157 "	$f:12$	51°	III + IV	100 "		71°
I + II	164 "		49°				

Ganz analog sind die drei anderen Objektivsätze gebildet.

9. Orthostigmatsätze der Firma C. A. Steinheil Söhne
in München.

Die Orthostigmatsätze werden aus den Hälften des Satz-Orthostigmaten 1:6 (Fig. 134) gebildet. Diese bestehen aus drei miteinander

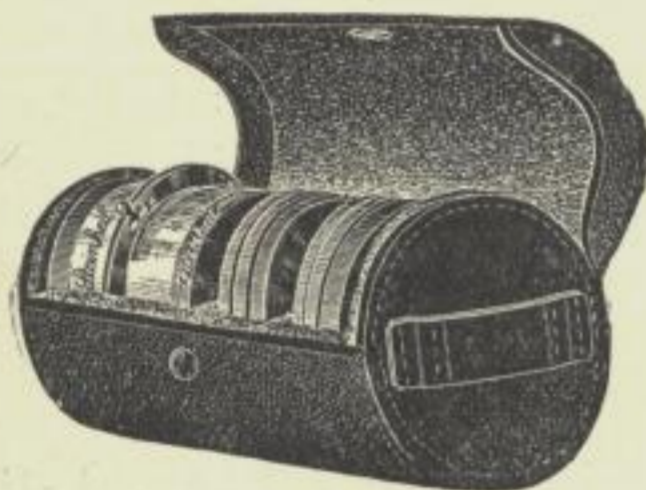


Fig. 134.

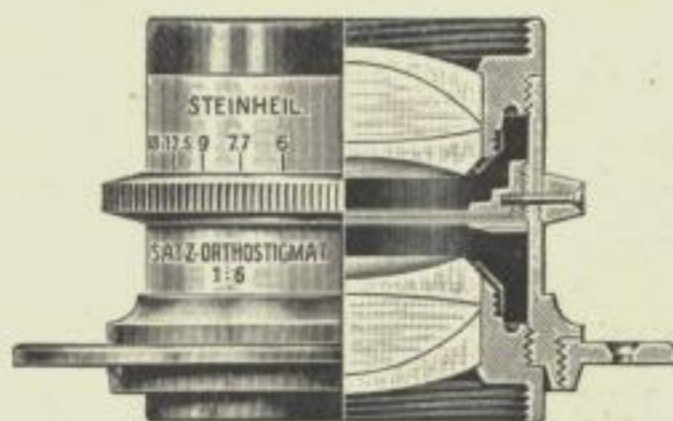


Fig. 135.

verkitteten Linsen (Fig. 135) und zeichnen schon mit voller Öffnung das Plattenformat voll aus, für welches sie bestimmt sind. Jeder normale Objektivsatz besteht aus drei Orthostigmatsatzhälften, so daß 6 Brennweiten zur Verfügung stehen.

a) Satz für Platte 9×12 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	260 mm	$f: 12$	32°
II	220 „	$f: 12$	37°
III	160 „	$f: 12$	50°
I + II	135 „	$f: 6,7$	57°
I + III	120 „	$f: 7,2$	64°
II + III	105 „	$f: 6,7$	71°

b) Satz für Platte 13×18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	360 mm	$f: 12$	34°
II	260 „	$f: 12$	48°
III	220 „	$f: 12$	53°
I + II	180 „	$f: 6,7$	63°
I + III	165 „	$f: 7,7$	68°
II + III	135 „	$f: 7,2$	78°

c) Satz für Platte 18×24 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel	Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	430 mm	$f: 12$	38°	I + II	230 mm	$f: 6,7$	66°
II	360 „	$f: 12$	48°	I + III	200 „	$f: 7,7$	74°
III	260 „	$f: 12$	60°	II + III	180 „	$f: 7,2$	80°

10. Anastigmat-Objektivsätze von E. Suter in Basel.

Die Firma Suter führt 2 Objektivsätze (für 13×18 cm und 18×24 cm) aus den Hälften des Anastigmat Serie I aus, welche, wie Seite 121 angegeben, aus vier miteinander verkitteten Linsen bestehen. Jeder Satz besteht aus zwei vollständigen Objektiven. Es stehen also 4 Einzellinsen zur Verfügung, die aber nur zwei verschiedene Brennweiten haben, so daß also nur 5 verschiedene Brennweiten zu Gebote stehen.

Anastigmatsatz für Platte 13×18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	360 mm	$f: 13,6$	34°
II	270 „	$f: 13,6$	45°
I + I	180 „	$f: 13,6$	63°
I + II	150 „	$f: 7,5$	73°
II + II	135 „	$f: 6,8$	79°

Anastigmatsatz für Platte 18×24 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	540 mm	$f: 13,6$	25°
II	410 „	$f: 13,6$	38°
I + I	270 „	$f: 6,8$	52°
I + II	240 „	$f: 7,5$	64°
II + II	205 „	$f: 6,6$	72°

11. Kollinearsatz Serie III von Voigtländer & Sohn, A.-G. in Braunschweig.

Der Kollinearsatz Serie III wird aus den Hälften des Kollinears Serie III (siehe S. 122) für die Platten 9×12 cm, 13×18 cm und 18×24 cm ausgeführt. Jeder Satz besteht aus drei Hälften, liefert also 6 Brennweiten.

a) Kollinearsatz für Platte 9×12 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	262 mm	$f: 15$	32°
II	209 „	$f: 15$	39°
III	143 „	$f: 15$	55°
I + II	133 „	$f: 7,7$	58°
I + III	106 „	$f: 7,7$	70°
II + III	97 „	$f: 7,7$	75°

b) Kollinearsatz für Platte 13×18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	358 mm	$f: 15$	37°
II	262 „	$f: 15$	46°
III	224 „	$f: 15$	53°
I + II	172 „	$f: 7,7$	65°
I + III	157 „	$f: 7,7$	71°
II + III	138 „	$f: 7,7$	77°



Fig. 136.

Nur der Kollinearsatz für Platte 18×24 cm besteht aus vier Hälften und würde infolgedessen 10 Brennweiten liefern, wenn nicht die Kombination der größten Linse mit der kleinsten weggelassen wäre.

c) Kollinearsatz für Platte 18×24 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel	Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	538 mm	$f: 15$	31°	I + III	244 mm	$f: 7,7$	63°
II	447 „	$f: 15$	37°	II + III	226 „	$f: 7,7$	67°
III	358 „	$f: 15$	45°	II + IV	188 „	$f: 7,7$	79°
IV	262 „	$f: 15$	59°	III + IV	172 „	$f: 7,7$	83°
I + II	247 „	$f: 7,7$	57°				

12. Objektivsätze von Carl Zeiss in Jena.

Die Firma liefert unter dem Namen Protarsätze drei Objektivsätze für Platten 9×12 cm, 13×18 cm und 18×24 cm. Die Sätze bestehen aus Protarlinsen 1:12,5 (siehe Fig. 137) den Hälften des Doppelprotars 1:6,3, welche aus 3 Linsen verkittet sind. Von diesen werden für die Sätze 9×12 cm und 13×18 cm je drei, für den Satz 18×24 cm aber vier verwendet, so daß bei ersteren 6, bei letzterem aber 9 Brennweiten



Fig. 137.

zur Verfügung stehen, weil die Kombination der größten und der kleinsten Linse weggelassen wird.

Protarsatz A₀ für Platte 9×12 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	250 mm	1:12,5	32°
II	230 „	1:12,5	36°
III	190 „	1:12,5	42°
I + II	136 „	1:7	58°
I + III	123 „	1:7	63°
II + III	118 „	1:7	65°

Protarsatz A für Platte 13×18 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	350 mm	1:12,5	34°
II	300 „	1:12,5	40°
III	250 „	1:12,5	47°
I + II	186 „	1:7	63°
I + III	167 „	1:7	66°
II + III	157 „	1:7	71°

Protarsatz B für Platte 18×24 cm.

Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel	Linse	Brennweite	Größte Öffnung	Bildwinkel
I	500 mm	1:12,5	32°	I + III	237 mm	1:7	65°
II	400 „	1:12,5	38°	II + III	223 „	1:7	69°
III	350 „	1:12,5	46°	II + IV	204 „	1:7	74°
IV	300 „	1:12,5	83°	III + IV	187 „	1:7	79°
I + II	267 „	1:7	80°				

III. Suters Objektivsatz,

welcher zuerst im Jahre 1885 konstruiert wurde, besteht aus drei lichtstarken aplanatischen Kombinationen, zwei weitwinkelig aplanatischen Kombinationen und zwei einfachen Landschaftslinsen. Der Linsendurchmesser ist 34 mm.

IV. Français' Objektivsatz.

Français in Paris bringt seit dem Jahre 1882 einen aplanatischen Objektivsatz unter dem Namen „Objectifs rectilinéaires à foyers multiples“ (Trousses d'objectifs) in den Handel.¹⁾

V. Berthiots Objektivsatz.

Die von Berthiot in Paris seit 1877¹⁾ konstruierten sehr guten Objektivsätze („Trousses aplanétiques rapides“) unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, daß die Hinterlinse fix in der Fassung bleibt und mehrere verschiedene Vorderlinsen mit derselben in die Kombination gebracht werden können, wodurch sich z. B. Brennweiten im Verhältnisse von 1:1,2:1,5:1,8 erzielen lassen. Die Anzahl der verwendeten Linsen ist eine möglichst kleine.

Der im Handel vielfach vorkommende Objektivsatz „Meteor“ gehört zu den aplanatischen Objektivsätzen, besteht entweder aus 4 oder 7 Menisken und besitzt Kugelgestaltsfehler.

VI. Kombinierte Porträt- und Landschaftsobjektive und Universalobjektive alten Systems.

Lange vor der Einführung der vorhin beschriebenen modernen aplanatischen Objektivsätze war man auf die Kombination mehrerer Objektive verschiedener Helligkeit und Brennweite bedacht und man bezeichnete sie häufig mit dem unpassenden Namen „Universalobjektiv“. Ein solches hatte offenbar schon Chevalier (1840) im Auge, als er sein auf Seite 22 beschriebenes, aber wenig leistungsfähiges Objektiv konstruierte.

Als Prof. Petzval mit seinem lichtstarken Porträtobjektiv im Jahre 1840 einen durchschlagenden Erfolg erzielte, war man darauf bedacht, es auch für Landschaftsphotographie verwendbar zu machen — wozu es sich wegen der drei getrennten und deshalb viel fremdes Licht reflektierenden Linsen, sowie wegen des geringen Gesichtsfeldwinkels wenig eignete.

Die Petzvalschen Porträtlinsen wurden häufig zum Gebrauche für Landschaftsaufnahmen umgewandelt, indem man die vordere Porträt-

1) S. Eder, Phot. Korresp. 1883. S. 221.

linse herausschraubte, sie umkehrte und dann als einfache Linse verwendete. Dieselbe ist nämlich tatsächlich eine Art der Chevalierschen einfachen Linse, welche wie diese als Landschaftsobjektiv wirkt, jedoch eine längere Brennweite und geringere Helligkeit der Porträtkombination besitzt; sie arbeitet, wie alle einfachen Linsen, nur dann gut, wenn man eine Blende vor dieselbe setzt.

Zur Umwandlung von Porträt- in Landschaftslinsen sind mehrere Konstruktionen angewendet worden.¹⁾

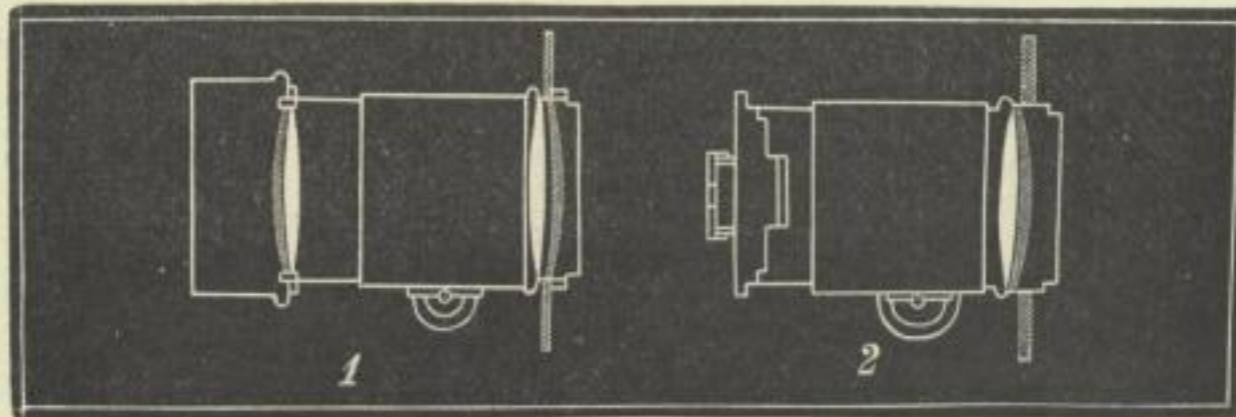


Fig. 138.

Fig. 139.

Ross' Universalobjektiv.

Ross nahm vorn die schirmende Röhre (den Kopf des Objektivs) weg, schraubte die rückwärtige Linse los, kehrte die Röhre, welche die vordere Linse enthält, um und brachte sie an die Stelle der rückwärtigen Linse; dann wurde eine Reihe von Diaphragmen eingesetzt. Fig. 138 zeigt den Querschnitt der Porträtverbindung, Fig. 139 denjenigen der Landschaftsstellung.²⁾ Eine ähnliche Einrichtung gab Quinet dem Objektiv.³⁾

Hermagis ließ sich folgende Konstruktion patentieren: Er schnitt die Röhre mitten zwischen den zwei Linsen in zwei Teile. Einer davon schraubte sich in den

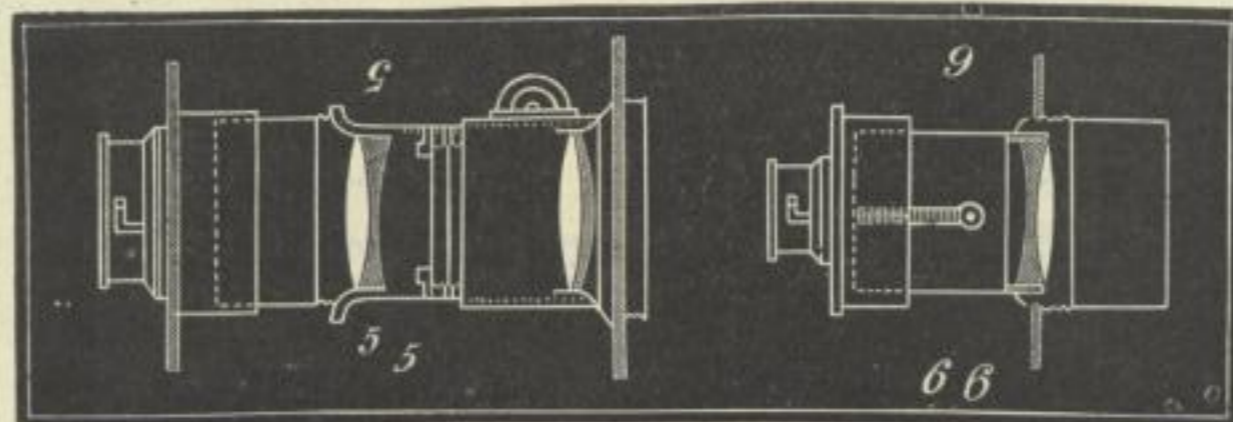


Fig. 140.

Fig. 141.

Hermagis' Universalobjektiv.

anderen und die Blendungen wurden an den Vereinigungsstellen eingeführt. Brauchte man nur die einfache Linse, so wurden die beiden Hälften getrennt, die rückwärtige von dem Kastenringe weggenommen und die vordere Hälfte mittels eines an der Kopfröhre gelassenen Ganges an deren Stelle geschraubt. Die Diaphragmen sind dann an ihrer gehörigen Stelle und vermöge einer sinnreichen Anordnung bildet nun eines den Kopf der einfachen Linse. Fig. 140 zeigt die Porträtverbindung von Hermagis, Fig. 141 die Änderung für Landschaften.

1) Kreuzers Zeitschr. f. Phot. 1861. Bd. 3, S. 12.

2) Ebendasselbst.

3) Horns Phot. Journ. 1860. Bd. 13, S. 66.

Einfacher als die Hermagisform ist die von Hughes angegebene: Er nimmt nur die rückwärtige Linse weg, bringt die vordere an deren Stelle und die Umwandlung der Porträt- in eine Landschaftslinse ist durchgeführt, da die Diaphragmen so angebracht sind, daß sie ohne Verrückung für jeden Zweck gleich geeignet sind. Fig. 142 zeigt die Porträtverbindung und die Stellung der Diaphragmen, Fig. 143 die Landschaftsverbindung.

Fig. 144 zeigt den Querschnitt von Millets gewöhnlicher Porträtlinse; die mittlere Röhre ist durch punktierte Linien angezeigt. Fig. 145 ist die Anordnung für Landschaften.

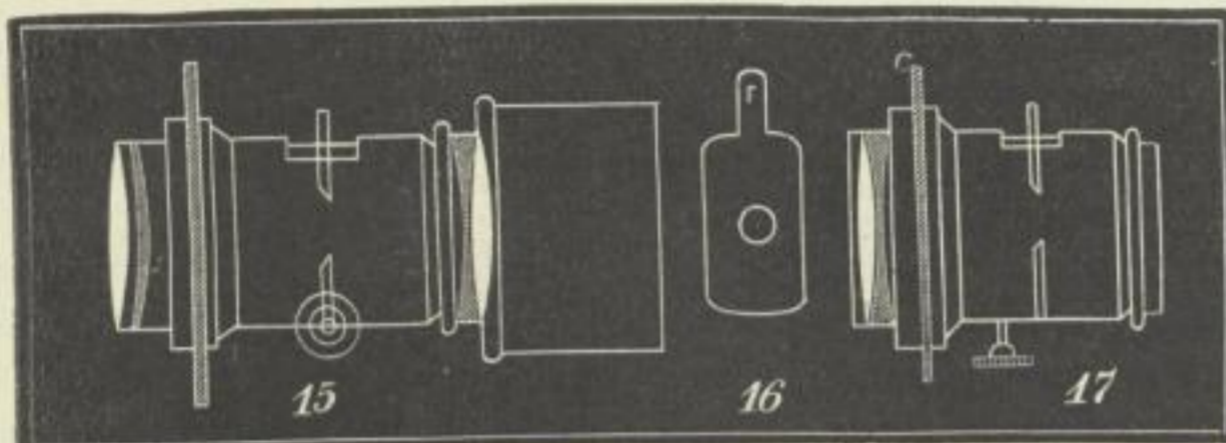


Fig. 142. Fig. 143.
Hughes' kombiniertes Porträt- und Landschaftsobjektiv.

Busch in Rathenow konstruierte kombinierte Porträt- und Landschaftsobjektive, welche sehr bequem sind. Sie haben im Innern gleich die Fassung zum Gebrauche des vorderen Objektivs als Landschaftsobjektiv. Um die Vorderlinse als Landschaftsobjektiv zu gebrauchen, nimmt man die Fassung des vorderen Objektivs heraus (an welchem sich gleich das Rohr zur Befestigung des Deckels mit den verschiedenen Landschaftsblenden befindet) und schraubt sie dergestalt an den Ring der Kamera, daß das große offene, die Sonnenstrahlen und das Seitenlicht abblendende Rohr des

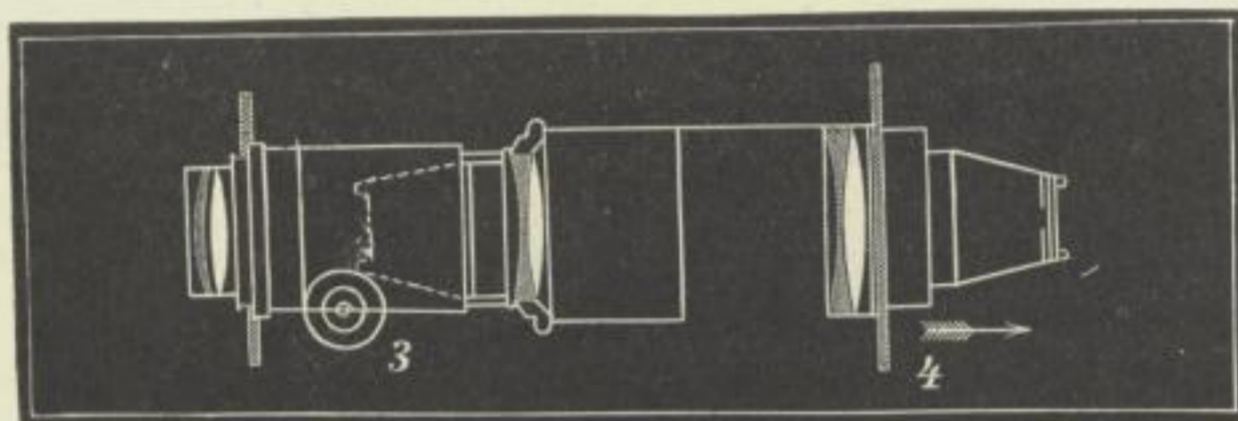


Fig. 144. Fig. 145.
Millet's kombiniertes Porträt- und Landschaftsobjektiv.

Porträtobjektivs sich im Innern der Kamera befindet. Sonst sind diese Instrumente ganz wie die gewöhnlichen Porträtobjektive.

Gegenwärtig verwendet der Landschaftsphotograph diese kombinierten Porträt- und Landschaftsobjektive nicht mehr. Sie sind vollkommen veraltet: Es fehlt nämlich eine Weitwinkelkonstruktion, und es lassen sich damit keine korrekten Linien der Architekturen wiedergeben.

Ein anderes System von „Universalobjektiven“ schlug Porro vor. Er verwendete ein Doppelobjektiv von zwei Linsen, wovon die hintere beweglich war; er soll dadurch die Brennweite aufs Vierfache verlängert haben.

Porro hatte in der Tat im Jahre 1851 Bilder der Sonnenfinsternis und im Jahre 1852 mit einem solchen Instrumente Aufnahmen von Gebäuden und Landschaften mit gutem Erfolge gemacht.^{1. 2)} Er nannte sein Instrument „Objectif sténallatique“.

Scott Archer hatte 1853 ein Universalobjektiv konstruiert, indem er zwischen die Linsen eines Porträtobjektivs von etwas langer Brennweite eine schwach konvexe Linse brachte, um die Brennweite zu verkürzen und einen größeren Teil vom Bild (ein Interieur) auf die Platte zu bringen. Auch Sutton nahm 1861 bei der Konstruktion seines neuen (von Goddard in London ausgeführten) Triplets darauf Rücksicht, daß das komplette Triplet lichtschwächer war und korrekt zeichnet, während nach Entfernung der mittleren kleinen Zerstreuungslinse die Aufnahme von Porträten in sehr kurzer Zeit möglich war. Die hintere Linse allein war als Landschaftsobjektiv für eine große Bildfläche zu benutzen.³⁾

Es ist ein altes Experiment, daß man durch Ausschrauben der vorderen Linse eines Petzvalschen Porträtobjektivs und Einsetzen einer anderen Linse von kürzerer oder längerer Brennweite zwei Doppelobjektive (ein lichtstärkeres und ein lichtschwächeres, tiefer arbeitendes) mit drei Linsen und einer Fassung erhalten kann. Der Erfolg war allerdings nicht sehr günstig.

Man kann auch an Stelle der Hinterlinse des Petzvalschen Porträtobjektivs eine Zerstreuungslinse setzen und hat nunmehr eine orthoskopische Kombination von längerer Brennweite für Landschaften usw., denn die Vorderlinse ist beim Porträtobjektiv und Orthoskop so ziemlich gleich, in den Hinterlinsen liegt der Hauptunterschied.

Jamin war einer der ersten, welcher kombinierte Porträt- und Landschaftsobjektive mit drei Linsen konstruierte und sich dieselben patentieren ließ. Er legte sie am 12. November 1855 der Pariser Photographischen Gesellschaft vor.⁴⁾ Mitten zwischen der vorderen und hinteren Linse des Porträtobjektivs brachte er eine Einrichtung für Zentraldiaphragmen oder für eine dritte Linse an. Diese letztere konnte in Verbindung mit der Porträtlinse gebraucht werden oder nicht; ihren eigentlichen Dienst leistete sie in Verbindung mit der vorderen Linse, wenn diese als Landschaftslinse verwendet werden sollte. Sie kürzte die Brennweite so ab, daß man im gewöhnlichen Dunkelkasten ein scharfes flaches Bild erhielt, während die gewöhnliche einfache Linse die Anwendung einer ungewöhnlich laugen Kamera erforderte. Fig. 146 zeigt Jamins gewöhnliche Porträtverbindung mit der Anordnung für Zentraldiaphragmen oder der hinzukommenden Linse; Fig. 147 die orthoskopische oder doppelte Verbindung für Landschaften; Fig. 148 die einfache Linse mit großer Brennweite für große Bilder (Landschaften).⁵⁾

Bei Derogys kombiniertem Objektiv (patentiert in England am 20. April 1858⁶⁾, ausgestellt auf der Londoner Weltausstellung 1862⁷⁾, kommen zur gewöhnlichen

1) Sitzung der französ. phot. Gesellsch. am 15. März 1856, aus Horns Phot. Journ. 1856. Bd. 6, S. 17.

2) Bull. Soc. franç. 1856. S. 114. Kreutzers Jahrb. f. Phot. 1856. S. 146.

3) Phot. Arch. 1861. S. 4.

4) Bulletin de la Société franç. Phot. 1855. S. 341.

5) Kreutzers Zeitschr. f. Phot. 1861. Bd. 3, S. 121.

6) Abridgements of the Specifications relat. to Photogr. 1861. S. 114.

7) Vogel, Die Photographie auf der Londoner Weltausstellung 1862.

Porträtverbindung noch zwei neue Linsen, eine um die Brennweite zu verlängern, die andere um sie zu verkürzen. Um ein kleineres oder größeres Bild zu erhalten, trennt man die Linsen, was durch Hilfe von Bajonettverbindungen leicht geschieht, und fügt die Ergänzungslinse für große oder geringe Brennweite ein. Um sie als einfache Linse zu gebrauchen, werden sie getrennt, die rückwärtige Linse weggenommen und die vordere Linse verkehrt an die Stelle gebracht; um das Bild größer oder kleiner zu machen, wird die eine oder andere Zusatzlinse genommen. Fig. 149 zeigt das zerlegte Porträtobjektiv, *a* ist der Kopf desselben, *b* die vordere Hälfte der

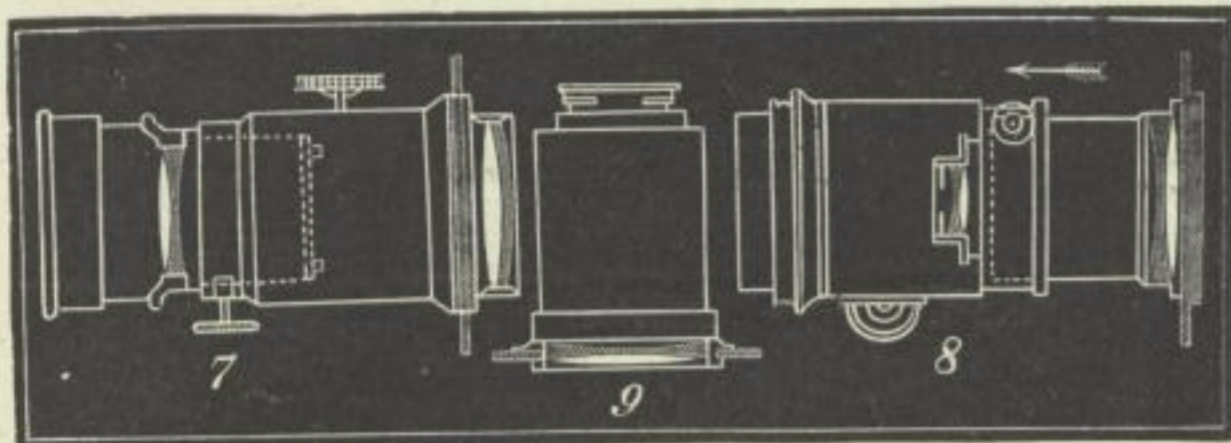


Fig. 146.

Fig. 147.

Fig. 148.

Jamins Universalobjektiv.

Porträtverbindung mit dem Bajonettverschluß, *c* Stellung der Zentraldiaphragmen oder Zusatzlinsen, *d* rückwärtige Hälfte der Porträtverbindung, welche mit der vorderen Hälfte durch Bajonettverschluß verbunden ist; je nachdem man die Porträtkombination ohne und mit einer der beiden Supplementlinsen verwendet, erhält man drei Porträtkombinationen von verschiedenen Verhältnissen. Fig. 150 ist das Objektiv für Landschaften, *e* Stellung der Diaphragmen oder Zusatzlinsen, um die Bilder zu vergrößern oder zu verkleinern, so daß dreierlei Brennweiten erzielt werden können.

Sonach sind in diesem einen „sechs [Objektive“ verschiedener Leistung, drei für das Porträt und drei für die Landschaft, vereinigt und können mit einem

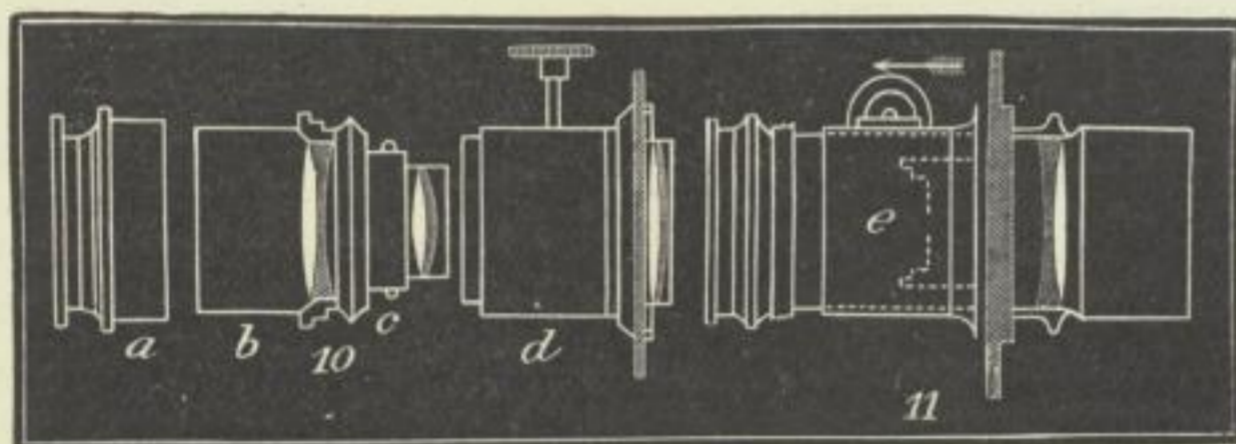


Fig. 149.

Fig. 150.

Derogys Universalobjektiv.

solchen 79 mm-Objektive, ohne daß der Standpunkt der Kamera oder des Modells verändert wird, sechs Bilder verschiedener Größe, zwischen 105 : 421 mm erzeugt werden.

Die Leistungen dieser Kombinationen sind jedoch überwiegend sehr mangelhaft.

Slaters Universalobjektiv besteht aus einem Petzvalschen Porträtobjektiv mit dazwischen gebrachter Zerstreuungslinse. Fig. 151 zeigt Slaters gewöhnliche Porträtlinse mit Blenden; Fig. 152 dieselbe Verbindung mit einer achromatischen Zer-

streuungslinse in der Mitte; Fig. 153 enthält nur die Vorder- und Mittellinse und bildet eine orthoskopische Linse.¹⁾

Melhuishs Universalobjektiv bestand aus einer Vorderlinse *b*, Fig. 154, und einer rückwärtigen *a*, von der Einrichtung der Hinterlinse eines Petzvalschen Porträt-

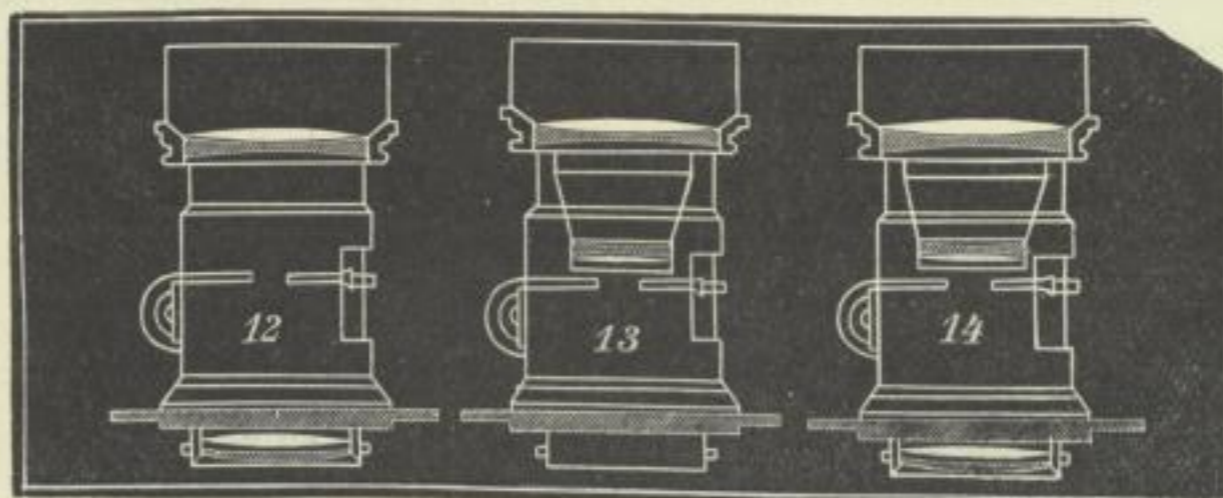


Fig. 151.

Fig. 152.

Fig. 153.

Slaters Universalobjektiv.

objektives, nur daß die rückwärtige Verbindung etwas größer war als die vordere, wodurch eine gleichmäßigere Beleuchtung des Gesichtsfeldes angestrebt wurde. In der Mitte zwischen beiden war eine kleine achromatische Linse *e* angebracht. Waren

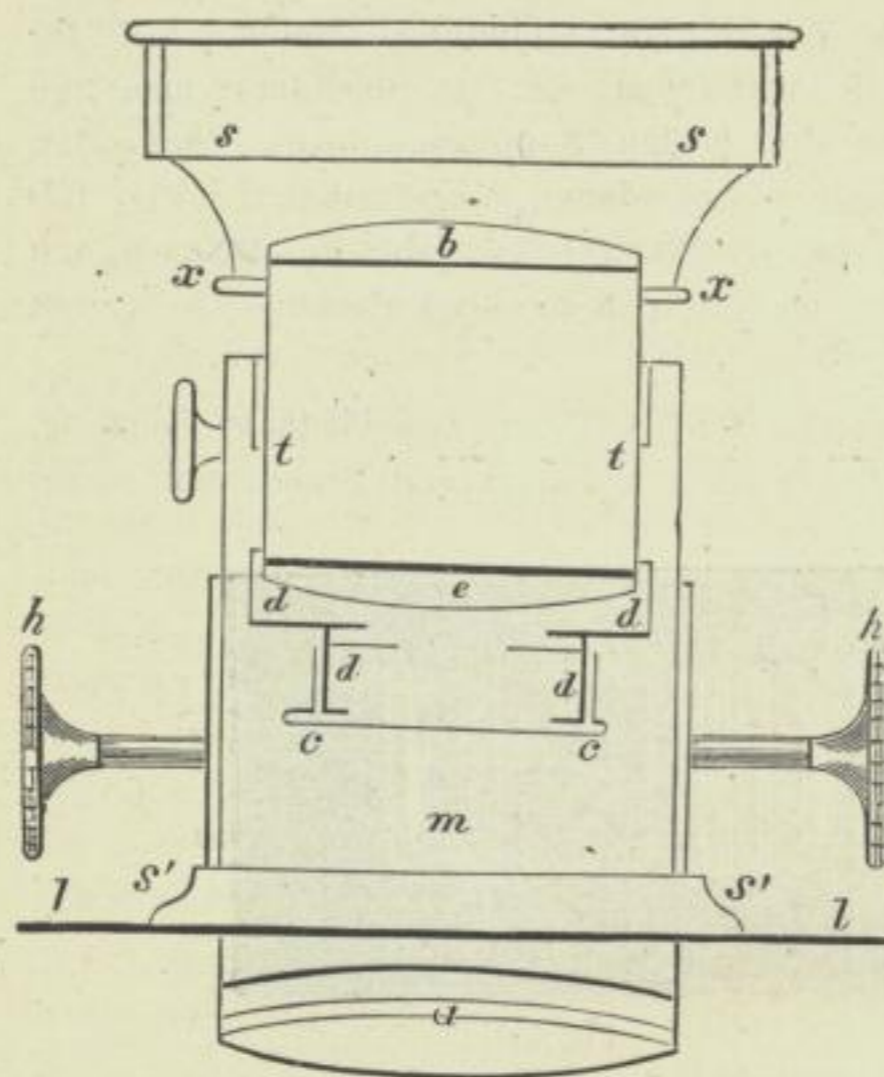


Fig. 154. Melhuishs Universalobjektiv.

alle drei Linsen vereinigt und nur das Diaphragma *ed* entfernt, so hatte die Linse eine Brennweite = $4\frac{3}{4}$ Zoll und gab Stereoskopen und Porträte. Mit eingeschobenem Diaphragma *d* eignete sie sich zum Kopieren und zu Vergrößerungen. Ohne die Mittellinse *e* erhielt man ein gewöhnliches Porträtobjektiv von 6 Zoll Brennweite. Wurde nur die Hinterlinse entfernt, dann das ganze Objektiv verkehrt angeschraubt, so erhielt man eine lange Brennweite (8 bis 9 Zoll) und eine Linse für Landschaften oder zum Kopieren. Die Vorderlinse allein, verkehrt angeschraubt und vor derselben mit Blenden versehen, gab eine einfache Landschaftslinse von 14 Zoll Brennweite.

Alle diese Konstruktionen, welche auf einer Ergänzung des Petzvalschen Porträtobjektivs durch Sammel- oder Zerstreuungslinsen beruhen, sind unvollkommen; ebenso die nach dem

System der alten Triplets konstruierten „Universalobjektive“, welche alle Fehler der zugrunde liegenden Konstruktion in erhöhtem Maße aufweisen.

Aus diesem Grunde sind diese älteren Linsenkombinationen gänzlich außer Gebrauch gekommen.

1) Kreutzers Zeitschr. f. Photogr. 1861. Bd. 3, S. 104.

VII. Anamorphotische Objektive von Zeiss.

Zu manchen Zwecken kann es wünschenswert sein, photographische Aufnahmen von Gegenständen derartig zu machen, daß in der Bildebene



Original.



Verzerrung in Richtung der Breite.



Verzerrung in Richtung der Höhe.



Verzerrung in Richtung der Diagonale.

Verzerrungsgrad +7.

Aufnahmen mit dem Anamorphot v. Carl Zeiss, Jena

Fig. 155.

zwei aufeinander senkrechte Richtungen einen verschiedenen Verkleinerungs- oder Vergrößerungsmaßstab zeigen. Bei solchen Aufnahmen wird das Original im Bild nach einer Richtung verzerrt

erscheinen. Diese Verzerrung wird erreicht durch Anwendung von Zylinderlinsen, welche achsensenkrecht und einander kreuzend allein oder mit sphärischen Linsen kombiniert angeordnet werden. Solche Objektive wurden von Herrn Dr. P. Rudolph bei der Firma Carl Zeiss in Jena konstruiert und „Anamorphote“ genannt. Statt der Zylinderlinsen lassen sich auch Prismen verwenden.

Über die Verziehung von Zeichnungen auf photomechanischem Wege siehe K. Hazura und J. Aufreiter in Phot. Korr. 1908 S. 312, ferner Th. Scheimpflug (österreich. Patent Nr. 20299 vom 10. Juni 1905) in Phot. Korresp. 1908 S. 360, 432 u. ff.

VIII. Photographieren auf große Entfernungen (Tele-Objektive).¹⁾

Befindet sich das Aufnahmeobjekt sehr weit entfernt vom Standpunkte des Photographen, so muß man sich einer Linse von sehr langer Brennweite oder einer Kombination mit einem Fernrohre bedienen.

Es ist erwähnenswert, daß bereits der Engländer G. Thomas zur Zeit des Krim-Krieges 1854 Aufnahmen auf etwa 5 km Entfernung mittels des Objektivglases eines Teleskopes von 82,5 mm Durchmesser und 1,525 m Brennweite (unter Anwendung einer Blende von 25,4 mm) angefertigt hatte („Photographic News.“ 1886. S. 783).

Über diesen Gegenstand arbeiteten namentlich Lacombe und Matthieu und machten nähere Angaben (siehe „Bull. Belge de l'Assoc. Belge de Phot.“ 1886. S. 600; auch „Phot. Corresp.“ 1887. S. 255, mit Figuren). Ein Fernrohr wird genau in der optischen Achse vor das gewöhnliche photographische Objektiv einer Kamera befestigt (mittels eines sog. Ärmels). Matthieu wendete ein Fernrohr von 60 cm Auszugslänge und ein Kugelobjektiv von Darlot (Nr. 2) an. Als Aufnahmegegenstand diente ein Schloß, welches 1,2 km entfernt war. Zu der Aufnahme mit dem Objektiv allein waren 2 Sekunden notwendig, nach Versetzen des Fernrohres 90 Sekunden; die durch letzteres bewirkte Vergrößerung war 14fach.

Dr. Stolze empfiehlt hierzu einen Aplanat von 28 cm Brennweite, dessen Bild man innerhalb der doppelten Brennweite mit einem Aplanat von 4 cm Brennweite auffängt und vergrößert („Photographisches Wochenblatt“ 1887. S. 7).

Trail Taylor schlägt im British Journal of Photographic, Nr. 1372, eine ähnliche Vorrichtung für Küstenaufnahmen vom Bord fahrender Schiffe aus vor.

1) S. Eders Jahrbuch f. Photographie für 1888. II. Band, S. 452.

Schon im Februar 1890 hatte Dr. A. Steinheil in München an das Marineamt in Deutschland ein photographisches Fernrohr zu terrestrischen Zwecken geliefert, welches dort zu Küstenaufnahmen verwendet wird (s. S. 161), und später (1891) zeigte sein Sohn Dr. R. Steinheil, daß man jeden Aplanat oder Antiplanet in ein Teleobjektiv umwandeln kann (s. „Phot. Korresp.“ 1892, S. 307) und legte am 26. April 1892 solche Bilder vor (a. a. O.).

Dr. Miethes meldete im Oktober 1891 ein Patent auf ein eigenartiges „Teleobjektiv“ an, welches aus einer langbrennweitigen positiven und einer kurzbrennweitigen Negativ-Kombination hergestellt ist.

Dr. Miethes Patent vom 19. Oktober 1891.

„Die Linsenkombination, deren Patentschutz ich nachsuche, hat den Zweck, entfernte Gegenstände in vergrößertem Maßstabe und zwar in beliebiger Größe zu photographieren.

Um diesen meinen Zweck zu erreichen, verbinde ich eine sammelnde Linsenkombination von längerer Brennweite mit einer zerstreuenden von kürzerer Brennweite in der Weise, daß ihre gegenseitige Distanz verändert werden kann. Bei einer gewissen Stellung beider Linsen gegeneinander entwirft das ganze System auf einer gegebenen Ebene ein reelles, verkehrtes, vergrößertes, primäres Bild, da die Äquivalent-Brennweite des ganzen Systems größer ist als die der Sammellinse allein. Rückt die Zerstreulinse der Sammellinse näher, so rückt der Schnittpunkt der Strahlen weiter von der Zerstreulinse fort, und die Äquivalent-Brennweite des ganzen Systems vergrößert sich.

Es ist nun zunächst die Verschiedenheit meiner neuen Konstruktion (siehe weiter unten) von gewöhnlichen photographischen Objektiven darzulegen. Dieselbe besteht darin, daß:

1. Eine Sammellinse mit einer Zerstreulinse von kürzerer Brennweite verbunden ist. Bei allen anderen photographischen Objektiven hat, wenn überhaupt ein zerstreuer Teil vorhanden ist, derselbe eine längere Brennweite als der sammelnde.
2. Die Äquivalent-Brennweite des neuen Systems ist durch bloße Veränderung der Linsendistanz innerhalb beliebiger Grenzen veränderlich, infolgedessen
3. der Maßstab der Abbildung innerhalb beliebiger Grenzen veränderlich.
4. Das Bild ist bei gegebenem Kameraauszuge wesentlich größer (praktisch bis ca. 10—15 mal) als mit gewöhnlichen photographischen Linsen.

Da ferner die neue Kombination in der schematischen Zusammensetzung Ähnlichkeit mit dem Galiläischen Fernrohr zeigt, so muß auch gegen dieses eine scharfe Abgrenzung formuliert werden.

Diese Verschiedenheit besteht:

1. In der Verschiedenheit des Zwecks,
2. darin, daß das Galiläische Fernrohr virtuelle Bilder zu entwerfen bestimmt ist, während die neue Konstruktion reelle entwirft.
3. In der durch diese Unterschiede bedingten Ausführung der optischen Konstruktion.

Auf diesen letzten Punkt mag genauer eingegangen werden. Zunächst ist die neue Konstruktion ihrem Zwecke entsprechend chemisch zu achromatisieren. Außerdem

braucht beim Galiläischen Fernrohre weder auf die Ebenheit des Bildfeldes, noch Distortionsfreiheit des Bildes, noch auf die Wegschaffung der chromatischen Vergrößerungsdifferenz Gewicht gelegt zu werden. Ganz andere Anforderungen sind an die Konstruktion des neuen Instrumentes zu stellen:

1. Das Bildfeld muß in einer großen Ausdehnung (8—14 Grad) frei von Fokussdifferenz und chemischer Differenz der Farbenvergrößerung sein.
2. Das Bildfeld muß eben sein.
3. Die Distortion muß gehoben sein, damit sich gerade Linien im Bilde wieder als gerade Linien darstellen.
4. Schiefe Strahlenbüschel müssen möglichst scharfspitzig sein, d. h. der Astigmatismus und hauptsächlich die Koma müssen möglichst gehoben sein.

Zur Erfüllung dieser Bedingungen sind zwei Wege einzuschlagen. Einmal ist an passender Stelle zwischen beiden Linsenkombinationen eine veritable Blendvorrichtung einzuschalten, welche, ohne das Bildfeld einzuschränken, die Beleuchtungsgleichmäßigkeit desselben vermehrt und die Aberration schiefer Strahlenbüschel praktisch unschädlich macht. Zweitens aber muß, und das ist besonders wichtig, die optische Konstruktion den vorgenannten Bedingungen angepaßt werden. Für den angestrebten Zweck genügt es daher keineswegs, daß die Aberrationen der beiden Linsenkombinationen für sich und nur auf der Achse gehoben werden, sondern die Negativkombination muß so beschaffen sein, daß sie die Aberrationen schiefer Strahlenbüschel, mit welchen die Sammellinse behaftet ist, möglichst gut korrigiert.

Es kommen hier also dieselben Konstruktionsprinzipien in Frage, wie beim Petzval'schen Orthoskope¹⁾, bei welchem die in diesem Falle langbrennweitige negative Hinterlinse die Aufgabe hat, hauptsächlich die Bildfeldkrümmung, den Astigmatismus und die farbige Vergrößerungsdifferenz der Positivlinse zu vermindern.

Unter Berücksichtigung aller dieser Bedingungen kann trotzdem die Konstruktion meines neuen Linsensystems eine außerordentlich veritable sein, da sich aus einer gewissen angenommenen Form der Positivlinse, bei gegebener anzustrebender Vergrößerung durch Auswahl unter den vorhandenen für diesen Zweck brauchbaren Glassorten eine gewisse Form der Negativlinse ergibt. Selbst wenn man die praktisch wünschenswerte Bedingung aufstellt, daß das ganze System nur aus zwei verkitteten Linsenkombinationen bestehen soll, ist die Zahl der möglichen Ausführungen eine sehr große.

Einen ganz einfachen Fall mögen die folgenden Daten veranschaulichen, welche ein typisches Beispiel einer ganzen Anzahl ähnlicher, praktisch vielleicht ebenso zweckmäßiger Konstruktionen darstellen.“

A. Sammellinse.

Konstanten des Crownlases: $n_D = 1,516$, $n_G = 1,525$,

$$\frac{n-1}{n_D - n_F} = 69,8.$$

Konstanten des Flintlases: $n_D = 1,569$, $n_G = 1,586$,

$$\frac{n-1}{n_D - n_F} = 42,8.$$

Brennweite der Doppellinse — 1,00: Crown voraus:

$$\left. \begin{array}{l} r_1 = 0,664 \\ r_2 = 0,286 \\ r_3 = 0,286 \\ r_4 = 1,364 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Mitteldicke der Linse } 0,04 \\ \text{ " " " } 0,016 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{array}} \right\} \text{Öffnung } 0,29.$$

1) Siehe S. 96.

B. Zerstreuungslinse.

Konstanten des Crownlases: $n_D = 1,515$, $n_G = 1,527$.

$$\frac{n-1}{n_D - n_F} = 56,1.$$

Konstanten des Flintlases: $n_D = 1,620$, $n_G = 1,643$,

$$\frac{n-1}{n_D - n_F} = 36,0.$$

Flintglaslinse zwischen zwei Crownlinsen, Radien in Teilen der Brennweite der Sammellinse:

$$\left. \begin{array}{l} r_1 = -0,2571 \\ r_2 = 0,1643 \\ r_3 = 0,1643 \\ r_4 = -11,30 \\ r_5 = -11,30 \\ r_6 = +0,5100 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Mitteldicke des Crowns } 0,013 \\ \text{Flint, scharfkantig} \\ \text{Mitteldicke des Crowns } 0,013 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ r_6 \end{array}} \right\} \text{Öffnung } 0,2.$$

Wünscht man dem Systeme eine andere Vergrößerung zu geben, so genügt es nicht, die Radien der Konkavlinse proportional zu verändern, sondern die Form derselben ist, wenn auch geringfügigen Variationen zu unterwerfen.

Patentanspruch:

Ein photographisches Objektiv zur Aufnahme entfernter Gegenstände in veränderlicher Größe, gekennzeichnet durch die Kombination eines nahezu oder vollständig chemisch achromatisierten Linsensystems von positiver Brennweite mit einem ebenfalls chemisch nahezu oder vollständig achromatisierten Linsensystem von kürzerer negativer Brennweite in einer derartigen veränderlichen Entfernung, daß die ganze Kombination in einer beliebig zu wählenden Entfernung von der Negativlinse ein reelles Bild entfernter Gegenstände entwirft.

Gleichzeitig mit Dr. Miethe trat Dallmeyer in London mit einem nach ähnlichen Prinzipien konstruierten Teleobjektive hervor.¹⁾ — Auch Karl Fritsch (vorm. Prokesch in Wien) trat nach dem Genannten im

1) Dallmeyer macht Prioritätsansprüche gegenüber Dr. Miethe geltend (Brit. Journ. Phot. 1891, S. 750), indem er hervorhebt, daß seine (Dallmeyers) Patentansprüche vor jenen von Miethe datiert gewesen sein sollen und macht verschiedene Bemerkungen über „teleskopische Photographie“, woraus hervorgeht, daß er ähnliche Prinzipien wie Dr. Miethe selbständig angewendet hatte.

Die Details der Konstruktion der Dallmeyerschen „Telescopic photographic Lens“ beschrieb derselbe in „The Journal of the Camera-Club“ (1892, S. 10) und „Phot. News“ (Januar 1892) und veranschaulichte die Abhandlung durch mehrere Figuren. — Auch Traill Taylor hatte im Jahre 1873 (Brit. Journ. of Phot. 1873, 19. Sept.), sowie im Jahre 1877 (Brit. Journ. Phot. Almanac. for 1877, S. 194) die Idee von vergrößernden photographischen Objektiven angeregt (vergl. den Bericht über diese und ähnliche Vorschläge „Amateur Photogr.“ 1892, S. 40). — Über eine weitere belangreiche Arbeit H. Schroeders über diesen Gegenstand siehe Brit. Journ. of Photogr. 1892, S. 76.

Mai 1892 mit einem Teleobjektiv hervor, welches aus einer Kombination des Antiplaneten mit einer Zerstreuungslinse besteht.¹⁾

Schließlich erwähnen wir noch eine Abhandlung Spitalers (Phot. Korresp. 1892, S. 173), welche hervorhebt, daß das Prinzip von Steinheils, Miethes und Dallmeyers Teleobjektiv analog ist dem galileischen Fernrohre und dem im Jahre 1827 von Littrow erfundenen und von Plössl ausgeführten Dyalten; auch bei Petzvals Orthoskop (s. S. 139) kommt dieses Prinzip zur Anwendung. Die Prinzipien der Fernphotographie liegen in der Theorie des Fernrohres, wie Dr. Steinheil in seiner unten abgedruckten Abhandlung hervorhebt.

Wir wollen die Publikationen der hervorragendsten Forscher auf dem Gebiete der Fernphotographie in der Reihe, in welcher sie chronologisch erschienen sind, hier folgen lassen.

I. Über Fernphotographie²⁾ von Dr. A. Steinheil in München.

Hat man weit entfernte Objekte mit möglichst großer Helligkeit und möglichst großem Gesichtsfelde zu photographieren, so verwendet man hierzu am zweckmäßigsten ein photographisches Objektiv direkt; denn man hat alsdann keine anderen Lichtverluste, als sie eben dieses Objektiv bedingt und kann das ganze Gesichtsfeld, welches dieses mit genügender Deutlichkeit liefert, benützen. Die Helligkeit ist dann bedingt durch die wirksame Öffnung des Objektivs, die Größe der einzelnen Gegenstände durch die wahre Brennweite desselben.

Vergrößert man den Maßstab des Objektivs, d. h. macht man Öffnung und Brennweite im gleichen Verhältnisse größer, so bleibt die Helligkeit im wesentlichen dieselbe, die Größe der einzelnen Objekte dagegen wächst in demselben Verhältnisse, in welchem Öffnung und Brennweite vergrößert wurden.

Kommt es aber mehr darauf an, die Abbildung entfernter Objekte möglichst groß zu erhalten, bei einer nicht zu großen Gesamtlänge des Apparates, als großes Gesichtsfeld und rasche Exposition zu erzielen, so ist es angezeigt, mit dem Objektiv noch eine oder mehrere Linsen zu kombinieren. Denn durch eine solche Kombination von mehreren Linsen kann man ein System herstellen, das eine größere Äquivalentbrennweite besitzt, als die Brennweite des verwendeten Objektivs ist, welches also auch größere Bilder der gleich weit entfernten Objekte gibt, weil bei einer solchen Kombination die Objektgrößen statt durch die wahre Brennweite des Objektivs durch die Äquivalentbrennweite der Kombination bedingt sind.

Für die optisch wirksamen Strahlen existieren seit langer Zeit solche Kombinationen, welche Fernrohre genannt werden. Durch das Studium der verschiedenen

1) Phot. Korresp. 1892, S. 308 und 332.

2) Diese Mitteilung wurde nebst sehr gelungenen Probeaufnahmen durch Herrn Dr. Steinheil an Direktor Eder am 14. Januar 1892 eingesendet. (Phot. Korresp. 1892, S. 61.)

Fernrohrkonstruktionen läßt sich leicht übersehen, was für Fernphotographie geleistet werden kann. Man muß nämlich an dem Fernrohre zwei Änderungen anbringen.

1. Die Vereinigung der Strahlen zu richtigen Bildern muß statt nur für den hellsten Teil des Spektrums auch für den violetten, und zwar in erster Reihe durchgeführt werden.

2. Die Strahlen, welche aus der letzten Glasfläche eines Fernrohres austreten, müssen sich zu einem reellen Bilde vereinigen, statt daß sie, wie sonst bei den Fernrohren, so austreten, daß sie nach dem Durchgang durch das Auge ein reelles Bild auf der Netzhaut entwerfen.

Betrachtet man die verschiedenen Fernrohrkonstruktionen, so hat man unter ihnen zwei als besonders geeignet herauszunehmen: das galileische und das astronomische Fernrohr, da diese beiden Konstruktionen die einfachsten sind, somit möglichst wenig Lichtverlust und störendes falsches Licht verursachen.

Das galileische Fernrohr besteht bekanntlich aus einem Objektiv mit positiver Brennweite und einem Okulare mit negativer Brennweite; das auf der Netzhaut umgekehrt zustande kommende Bild erscheint aufrecht.

Bei dem astronomischen Fernrohre kommt außer dem in Wirklichkeit aufrechten aber umgekehrt erscheinenden Bilde auf der Netzhaut bei Anwendung von Mikrometerokularen noch ein umgekehrtes reelles Bild im Rohre, im Brennpunkte des Objektivs zustande.¹⁾

In der Ebene des Luftbildes, welches das Objektiv entwirft, können Fadenzüge angebracht werden, welche mitvergrößert und mitphotographiert werden und oft wünschenswerte Kontrollen, besonders in bezug auf die Verzerrung des Bildes durch das Okular bilden.

Terrestrische Fernrohre, bei welchen außer dem aufrecht scheinenden Bilde auf der Netzhaut zwei reelle Bilder, eines umgekehrt, das andere aufrecht, zustande kommen, können wohl außer Betracht bleiben, weil die größere Anzahl Linsen und die durch zweimalige Umkehr der Bilder nötige größere Länge des ganzen Apparates ungünstige Momente sind, welchen keine wesentlichen Vorteile gegenüberstehen.

Es bleiben also nur die zwei schon oben bezeichneten Konstruktionen, das galileische Fernrohr und das astronomische Fernrohr mit Mikrometerokular.

In beiden Fällen kann man mit zwei getrennt stehenden Objektiven ausreichen, von welchen das zweite Objektiv ähnlich wie ein Okular wirkt. In Fig. 156 ist der Gang der Lichtstrahlen verzeichnet, falls die Konstruktion die eines galileischen Fernrohres ist; in Fig. 157 dagegen für den Fall eines astronomischen Fernrohres. Im Falle der Fig. 156 (galileisches Fernrohr) können Objektiv und Okular²⁾ miteinander

1) Die Mikrometerokulare sind einfache oder zusammengesetzte Lupen, welche so angewendet werden, daß das vom Objektiv entworfene Luftbild vor der ersten Fläche des Okulars, das durch letzteres vergrößerte Bild hinter der letzten Fläche des Okulars zur Entstehung kommt. Zwischen der letzten Fläche des Mikrometerokulars und dem vergrößerten Bilde liegt eine Stelle, in welcher sich die Büschel, welche die einzelnen Bildpunkte erzeugen, kreuzen, diese Stelle heißt der Augenort und ist besonders geeignet zur Anbringung von Blenden, welche das durch Spiegelungen an den Glasflächen hervorgebrachte falsche Licht abhalten, oder als Ort für den Momentverschluß.

2) Falls ich nach dem oben Gesagten diesen Ausdruck hier gebrauchen kann.

gerechnet sein, d. h. die Fehler brauchen für das ganze Fernrohr nur einmal gehoben zu werden, so daß Objektiv und Okular entgegengesetzte Fehler besitzen können, während bei der Konstruktion, wie sie Fig. 157 darstellt (astronomisches Fernrohr mit Mikrometerokular), sowohl das Objektiv als auch das Okular für sich richtige Bilder geben müssen, wenn auch, wie oben erwähnt, das Bild des Fadenkreuzes deutlich und unverzerrt erscheinen soll.

Es sei in Fig. 156 AA' die Hauptebene des Objektivs, H sei der Hauptpunkt, F der Brennpunkt desselben, also HF die wahre Brennweite, OO' sei die wirksame

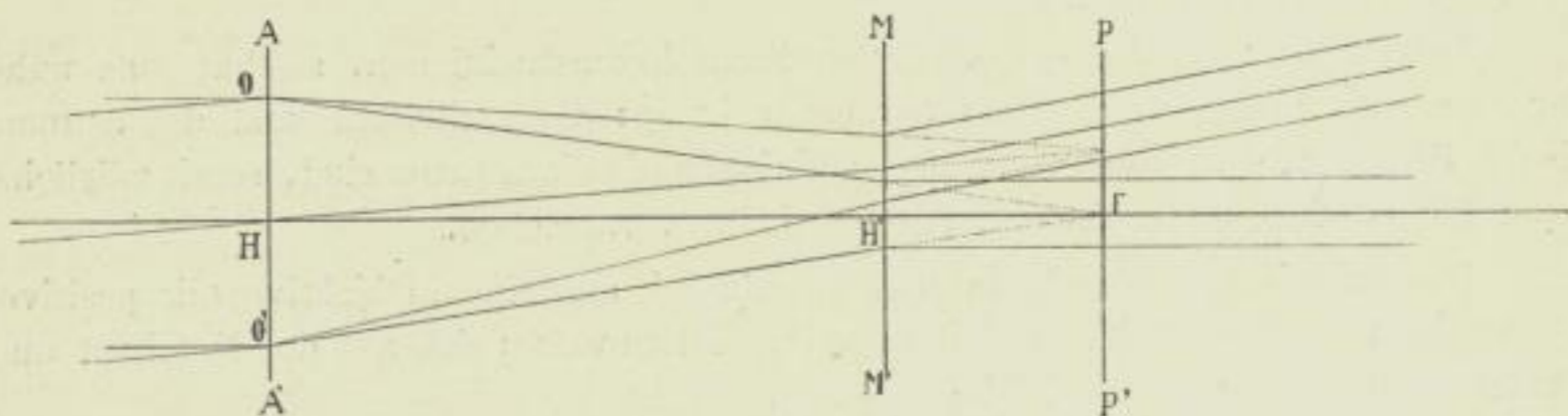


Fig. 156.

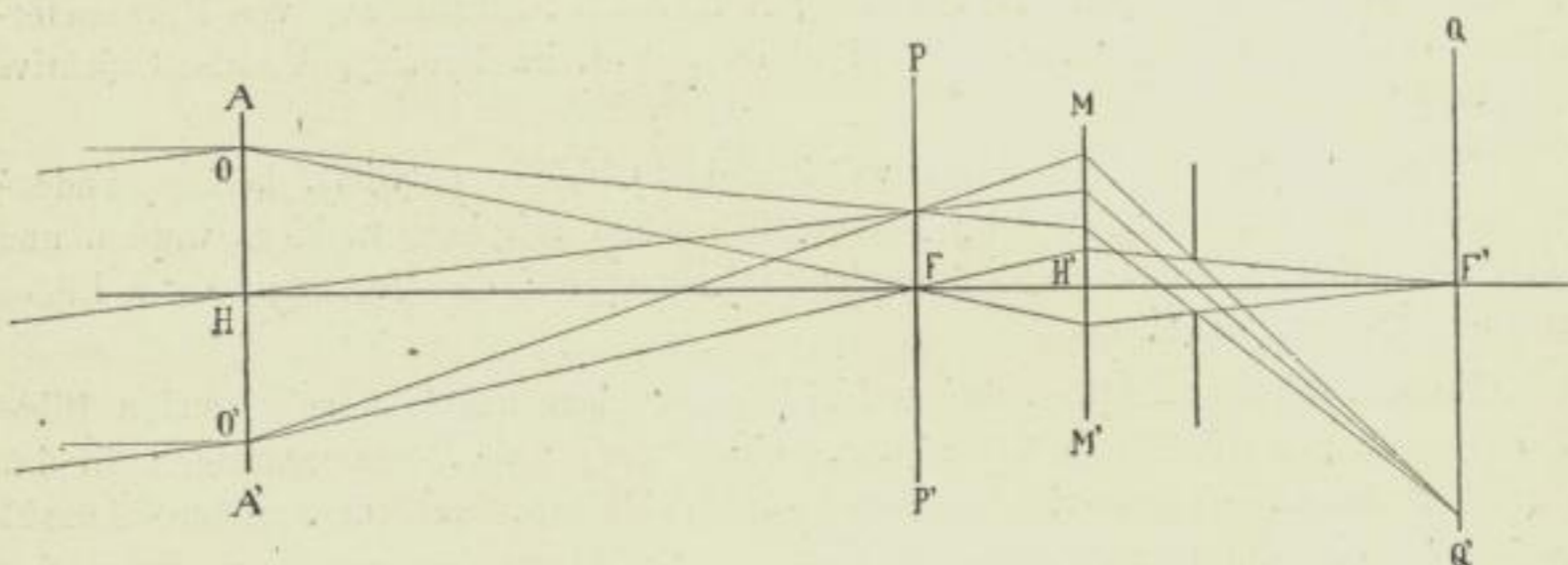


Fig. 157.

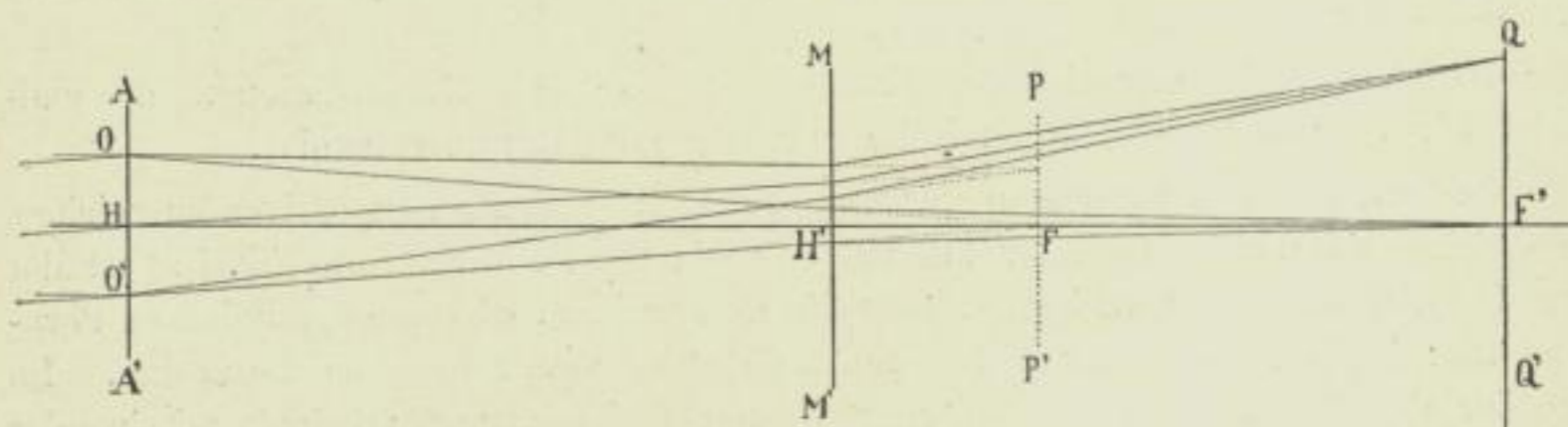


Fig. 158.

Öffnung, d. h. O und O' seien diejenigen Punkte, in welchen das Objektiv von den Randstrahlen des Büschels in der Achse getroffen wird. Es ist dann das sogenannte Öffnungsverhältnis, d. h. der Quotient aus wirksamer Öffnung und Brennwert, gleich $\frac{OO'}{HF}$, während der bei F liegende Winkel OFO' als der Öffnungswinkel des Objektivs bezeichnet werde. MM' sei die Hauptebene des Okulars, H' dessen Hauptpunkt, HH' der Abstand des Okularhauptpunktes von dem des Objektivs; die Brennweite des Okulars sei $H'F$, dann wird das Okular das vom Objektiv kommende Licht des Büschels in der Achse parallel austreten lassen. Bei dieser Stellung käme das Okular

so nahe wie möglich an das Objektiv, sie bildet gleichsam die obere Grenze für die Vergrößerung, denn das Bild liegt unendlich entfernt und wird unendlich groß. Rückt das Okular noch näher an das Objektiv, greift es also früher in den vom Objektiv kommenden Lichtkegel, so kommt überhaupt kein Bild mehr zustande, weil die Strahlen divergierend austreten. Wird dagegen der Abstand des Okulars vom Objektiv größer, so rückt das Luftbild immer näher, erscheint aber immer weniger vergrößert, bis das Okular so weit entfernt ist, daß es nur mehr so wenig eingreift, daß das Bild noch gerade außerhalb der letzten Glasfläche liegt; das Bild ist dann kaum merklich größer als das direkt vom Objektiv entworfene. Diese Stellung kann man als die untere Grenze für die Vergrößerung bezeichnen.

In Nachstehendem seien die Relationen zwischen den Brennweiten von Objektiv und Okular, das Verhältnis der Helligkeit des Objektivbildes gegen dasjenige, welches vom ganzen Fernrohre entworfen wird, ferner die möglichen Vergrößerungen und Gesichtsfeldgrößen, sowie endlich die hierbei eintretende Gesamtlänge des Fernrohres (von der ersten Objektivfläche bis zum vergrößerten Bilde) erörtert.

Die Helligkeit des Objektivs läßt sich bekanntlich in doppelter Weise ausdrücken, entweder durch das Öffnungsverhältnis oder durch den Öffnungswinkel (Winkel OFO' in Fig. 158. Hat z. B. das Objektiv die Helligkeit $\frac{1}{6,35}$, so entspricht dies einem Öffnungswinkel von 9 Grad (es wäre dies der Fall, wenn ein Objektiv 20 mm Öffnung und 127 mm Brennweite hat). So vielmal nun dieser Öffnungswinkel verkleinert wird, so vielmal werden die Bildgrößen des Systems vergrößert gegen diejenigen, welche das Objektiv direkt angewandt gibt, aber so vielmal länger wird auch die Äquivalentbrennweite des so erhaltenen Fernrohres als die des Objektivs.

Nehmen wir an, in Fig. 156 sei die Öffnung OO' des Objektivs gleich 20 mm, die wahre Brennweite $HF = 127$ mm, also das Öffnungsverhältnis $\frac{1}{6,35}$, der Öffnungswinkel 9 Grad. Soll dann ein Okular gewählt werden, das dreimalige Vergrößerung gibt, so muß nun dasselbe $\frac{2}{3}$ der Brechung des Objektivs aufheben, daß also der Öffnungswinkel für das ganze System 3 Grad beträgt, hierdurch wird die Äquivalentbrennweite des Fernrohres $3 \times 127 = 381$ mm und es bekommt eine 9mal geringere Helligkeit¹⁾ als das Objektiv direkt angewendet, mit anderen Worten: die Expositionszeit muß 9mal länger sein als bei der Aufnahme mit dem Objektiv allein.²⁾

Es ist nun zu bestimmen, an welcher Stelle das Okular eingeschaltet werden und welche negative Brennweite es erhalten soll. Die Stelle der Einschaltung kann beliebig gewählt werden; je näher das Okular am Objektiv steht, desto länger wird das Gesamtfernrohr, aber auch desto größer das Okular und hiermit das Gesichtsfeld. Es sei also der Hauptpunkt des Okulars in H' und die Entfernung HH' betrage $84\frac{2}{3}$ mm, so daß die Strecke, welche das Okular eingreift, $H'F = HF - HH' = 127 - 84\frac{2}{3} = 42\frac{1}{3}$ mm wird, was einem Drittel der Brennweite entspricht. Das in H' stehende Okular, welches den Öffnungswinkel des Objektivs auf 3 Grad reduzieren soll, muß also -6 Grad brechen, erhält eine negative Äquivalentbrennweite von $\frac{2}{3} HF = 65\frac{1}{2}$ mm und bricht die Strahlen nach F' , wobei das Stück $H'F$ auf $H'F'$ verlängert, d. h. 3mal vergrößert wird. Die Vergrößerung der Äquivalentbrennweite des Fernrohres gegen die des Objektivs allein ist proportional der Vergrößerung des

1) Bekanntlich gibt das Quadrat der Vergrößerungszahl an, wie vielmal geringer die Helligkeit und wie vielmal länger die Expositionszeit wird.

2) Lichtverluste, welche durch die Flächen des Okulars entstehen müssen, sind hierbei noch garnicht berücksichtigt.

Stückes $H'F'$ in $H'F'$; da nun dieses 3mal vergrößert wurde, so muß auch die Äquivalentbrennweite des Fernrohrs 3mal größer sein als die Brennweite des Objektivs, sie wird also 381 mm betragen. Es gibt also diese Kombination eines Objektivs von 127 mm Brennweite mit einem Okulare von $-65\frac{1}{2}$ mm Äquivalentbrennweite bei einem Abstände beider $HH' = 84\frac{2}{3}$ mm 3malige Vergrößerung und eine Fernrohrlänge von $HH' + 3 \times HF = 84\frac{2}{3} + 127 = 211\frac{2}{3}$ mm.

Zu demselben Objektiv lassen sich eine beliebige Anzahl von Okularen herstellen, welche alle die Vergrößerung geben, es ändert dann nur die Länge des ganzen Fernrohres und die Größe des Gesichtsfeldes, sobald der Öffnungswinkel des Objektivs von 9 Grad auf 8 Grad gebracht wird, ist die Vergrößerung dieselbe. Je größer der Abstand des Okulars vom Objektiv wird, desto kürzer wird das Gesamtfernrohr, aber um so ungünstiger wird der Fall auch für ein großes Gesichtsfeld, denn je weiter das Okular vom Objektiv entfernt ist, desto kürzer muß seine Äquivalentbrennweite sein und um so kleiner wird seine Öffnung und damit die Ausdehnung des gleich hellen Gesichtsfeldes. Ebenso kann mit Linsen, wie die als Beispiel gewählten, jede Vergrößerung erzielt werden, je nach der Stelle, an welcher man das Okular anbringt; dabei kann höchstens der Fall eintreten, daß die Okularlinse für die gewählte Stellung zu klein ist und nicht mehr den ganzen vom Objektiv kommenden Lichtkonus durchläßt. Nähert man sich mit dem Okulare dem Objektiv, so wirkt ersteres mit größerer Öffnung (schneidet, wenn zu klein, Licht ab) und vermehrt die Vergrößerung und die Gesamtlänge. Je größere Helligkeit oder, was dasselbe ist, je kürzere Expositionszeit für das Gesamtfernrohr verlangt wird, desto länger wird bei gleicher wirksamer Objektivöffnung und gleicher Vergrößerung das Gesamtfernrohr werden.

Das erste photographische Fernrohr galileischer Konstruktion zu terrestrischen Zwecken¹⁾ war meines Wissens das von mir im Februar 1890 an das Reichsmarineamt (hydrographisches Amt) gelieferte, welches dort zu Küstenaufnahmen verwendet wird.

Wie schon erwähnt, ist es bei dieser Anordnung eines photographischen Fernrohrs nicht möglich, ein Fadenkreuz anzubringen, welches mitphotographiert wird, wie es für manche Aufnahme z. B. in der Astronomie notwendig wird.

In solchen Fällen — und der erste Fall, in welchem mir überhaupt ein photographisches Fernrohr²⁾ bestellt wurde, war ein solches — muß daher eine andere Anordnung getroffen werden. Das Objektiv muß für sich ein richtiges Bild entwerfen, allerdings von nur sehr geringer Ausdehnung, und dieses Luftbild wird dann durch eine einfache Lupe oder ein Mikrometerokular (zusammengesetzte Lupe) vergrößert. Wie wir oben gesehen haben, erfüllt diese Bedingungen das astronomische Fernrohr mit Mikrometerokular.

Bei dieser Anordnung bestimmt sich die Vergrößerung durch die Stellung der Lupe, während die Größe des ersten Luftbildes von der Brennweite des Objektivs abhängt.

Ist wieder Fig. 157 OO' die Hauptebene des Objektivs, H der Hauptpunkt, F der Brennpunkt desselben, so ist HF die wahre Brennweite, von welcher die Größen abhängen, in welchen Objekte gezeichnet werden. Die Helligkeit des Bildes ist wieder

1) Für astronomische Zwecke konstruierte ich ein solches, welches 200 mm große Sonnenbilder gab. Dasselbe wurde im Jahre 1887 an die Sternwarte in Brüssel geliefert.

2) Die 1872 zum Photographieren des Venusdurchgangs gelieferten Instrumente.

bedingt durch das Öffnungsverhältnis oder den Öffnungswinkel des Objektivs. Im Brennpunkte des Objektivs wird eventuell das Fadenkreuz angebracht.

Nehmen wir beispielshalber als Objekt Sonne oder Mond an, also ein Objekt von 34 Minuten Durchmesser; die Größe des direkten Luftbildes wird dann $HF \operatorname{tg} 34'$, was zirka $\frac{1}{100}$ der Brennweite wird.

Die Größe und Äquivalentbrennweite des Okulars ist willkürlich, es kann mit jeder Okularbrennweite jede Vergrößerung des Luftbildes erzielt werden.

I	II	III	I	II	III
1 mal	2,00	2,00	6,5	1,15	7,50
1,1	1,91	2,10	7,0	1,14	8,00
1,2	1,83	2,20	7,5	1,13	8,50
1,3	1,77	2,30	8,0	1,12	9,00
1,4	1,72	2,40	8,5	1,12	9,50
1,5	1,67	2,50	9,0	1,11	10,00
1,6	1,62	2,60	9,5	1,10	10,50
1,7	1,59	2,70	10,0	1,10	11,00
1,8	1,56	2,80	11,0	1,09	12,00
1,9	1,53	2,90	12,0	1,08	13,00
2,0	1,50	3,00	13,0	1,08	14,00
2,1	1,48	3,10	14,0	1,07	15,00
2,2	1,45	3,20	15,0	1,07	16,00
2,3	1,43	3,30	16,0	1,06	17,00
2,4	1,42	3,40	18,0	1,06	19,00
2,5	1,40	3,50	20,0	1,05	21,00
2,6	1,38	3,60	22,0	1,04	23,00
2,7	1,37	3,70	24,0	1,04	25,00
2,8	1,36	3,80	26,0	1,04	27,00
2,9	1,34	3,90	28,0	1,04	29,00
3,0	1,33	4,00	30,0	1,03	31,00
3,2	1,31	4,20	35,0	1,03	36,00
3,4	1,29	4,40	40,0	1,02	41,00
3,6	1,28	4,60	45,0	1,02	46,00
3,8	1,26	4,80	50,0	1,02	51,00
4,0	1,25	5,00	60,0	1,02	61,00
4,5	1,22	5,50	70,0	1,01	71,00
5,0	1,20	6,00	80,0	1,01	81,00
5,5	1,18	6,50	90,0	1,01	91,00
6,0	1,17	7,00	100,0	1,01	101,00

Von der Größe der Äquivalentbrennweite aber und von der wirksamen Öffnung des Okulars sind die Länge des vergrößernden Apparates und der Durchmesser desjenigen Teiles vom Objektivbilde, welcher vergrößert wird, abhängig.

Hat z. B. das Okular eine Äquivalentbrennweite von 3 cm, so entsteht bei einem Abstände des Okularhauptpunktes vom Bilde des Objektivs von 6 cm in einer Entfernung von 6 cm hinter dem Hauptpunkte des Okulars ein Bild von derselben Größe, wie das Objektivbild; Distanz zwischen Objektivbild und Okularbild wäre also 12 cm und die Vergrößerung gleich 1 (natürliche Größe). Alle Vergrößerungen eines solchen Okulars von 3 cm Brennweite liegen dann zwischen den Okularstellungen, bei welchen

der Hauptpunkt des Okulars zwischen 3 cm und 7 cm (einer und zwei Okularbrennweiten) vom Luftbilde entfernt steht.

Nennen wir:

p die Äquivalentbrennweite des Okulars,

a die Entfernung des Objektivbildes vom Okularhauptpunkte,

a' die Entfernung des vom Okulare entworfenen Bildes vom Okularhauptpunkte,

so besteht hier auch die bekannte Relation: $\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$; die Vergrößerung wird dann ausgedrückt durch den Quotienten $\frac{a'}{a}$; die Helligkeit nimmt gegen die Helligkeit des Objektivbildes nach dem Quadrate dieses Quotienten ab.

Je größer die noch benutzbare Öffnung des Okulars ist, ein um so größeres Luftbild kann, wie oben gesagt, vergrößert werden. Dagegen wächst bei gleicher Okularkonstruktion der Durchmesser des Luftbildes, welches vergrößert werden kann, proportional der Äquivalentbrennweite des Okulars. Mit Hilfe nebenstehender Tabelle läßt sich die Länge eines Vergrößerungsapparates für jede Vergrößerung leicht bestimmen, indem man in Rubrik I (Vergrößerung) die Zahl aufsucht, welche die gewünschte Vergrößerung ausdrückt, die mit dieser in der gleichen Horizontallinie stehenden Zahlen aus Rubrik II und III abliest, addiert und das erhaltene Resultat mit der Äquivalentbrennweite des Okulars multipliziert.

Will man z. B. 6mal (Rubrik I, 6,0) vergrößern, so liest man ab: 1,17 in Rubrik II und 7,00 in Rubrik III; gibt als Summe 8,17; hat das Okular 3 cm Äquivalentbrennweite, so ist die Länge des Vergrößerungsapparates = 24,5 cm. Addiert man zu dieser Zahl noch die Brennweite des Objektivs, welche beispielsweise 24 cm betrage, so erhält man die Gesamtlänge des Fernrohres = 84,5 cm, während die Äquivalentbrennweite des ganzen Fernrohres 144 cm betragen würde, da man ja bekanntlich, um diese zu erhalten, die Brennweite des Objektivs mit der Vergrößerung multiplizieren muß.

Will man photographische Fernrohre bezüglich ihrer Leistung miteinander vergleichen, so muß man berücksichtigen, daß die Lichtmenge, durch welche ein Bildpunkt zustande kommt, bedingt ist durch die wirksame Öffnung des Objektivs, die Größe, in welcher die Bilder gezeichnet werden, von der Äquivalentbrennweite und dem benutzten Gesichtsfelde abhängig sind. Die wirksame Öffnung des Objektivs ist bekanntlich leicht zu messen, die Äquivalentbrennweite des Fernrohres und der benutzte Gesichtsfeldwinkel können leicht annähernd bestimmt werden dadurch, daß man den Mond photographiert. Es ist nämlich die Äquivalentbrennweite nahezu 100mal so groß als der mit dem Fernrohr erzielte Durchmesser des Mondbildes, dem Durchmesser des Mondes entspricht aber ungefähr $\frac{1}{2}$ Grad Gesichtsfeld. Aus der Photographie lassen sich also sofort die Äquivalentbrennweite und der Gesichtsfeldwinkel entnehmen. War z. B. der Durchmesser des Mondbildes 11 mm, der Durchmesser des deutlichen Bildes überhaupt aber 70 mm, so ist die Äquivalentbrennweite ca. 110 cm, das Gesichtsfeld aber etwas über 3 Grad.

Ich glaube in Vorstehendem gezeigt zu haben, wie sich die beiden besprochenen Konstruktionen zur Fernphotographie verwenden lassen, je nach den Zielen, welche man mit denselben erreichen will. Eine dritte Art der Konstruktion, nämlich die eines astronomischen Fernrohres mit eingreifendem positiven Okulare, habe ich absichtlich aus der Betrachtung ausgeschlossen, da die Verhältnisse dabei weniger einfach liegen; ich behalte mir jedoch vor, auf dieselbe demnächst an anderer Stelle zurückzukommen.

II. Ein neues telephotographisches System von Dr. A. Miethe in Potsdam.¹⁾

Das Bedürfnis, vom gegebenen Standpunkte Bilder entfernter Gegenstände in verschiedenen Größen aufzunehmen, hat sich bereits früh in der Photographie geltend gemacht. Es dienen dazu vorzüglich in neuerer Zeit Objektivsätze, bei denen, durch

Auswechslung der beiden Linsenkombinationen, der beabsichtigte Zweck innerhalb gewisser Grenzen erreicht wurde. Aber dennoch waren die möglichen Variationen sehr beschränkt und besonders stand der Herstellung großer Bilder entfernter Gegenstände die damit nötig werdende kolossale Brennweite der Objekte entgegen. Die Beispiele, daß eine Aufnahme infolge zu großer Entfernung des Objektes unmöglich wird, sind Legion. Um eines heranzuziehen, nehmen wir an, es handle sich um die Herstellung eines Bildes einer Statue auf einem 100 m hohen Turme. Wir müssen uns, um nicht unerträgliche Verzeichnungen zu erhalten, mindestens 300 m vom Fuße des Turmes entfernen; in gerader Linie sind wir mithin 330 m von der Statue entfernt, welche eine Höhe von 2 m haben möge. Unser Bild würde demgemäß mit einem Objektiv von 50 cm Brennweite erst 3 mm Höhe haben; um eine direkte Aufnahme von Visitenkartengröße zu haben, müßten wir demnach eine Linse von 10 m Brennweite anwenden, was praktisch unmöglich ist.

Ich habe mir daher die Aufgabe gestellt, ein System zu konstruieren, welches direkt stark vergrößerte Fokalbilder aufzunehmen gestattet und dabei deren Größe in das Belieben des Operateurs stellt. Die Anwendung von fernrohrartigen Kombinationen aus zwei positiven Linsensystemen ist dabei durch die verhältnismäßige Länge des entstehenden optischen Teiles, sowie aus anderen optisch wohl kaum zu bewältigenden Schwierigkeiten nicht empfehlenswert. Dagegen ergaben Überschlags-

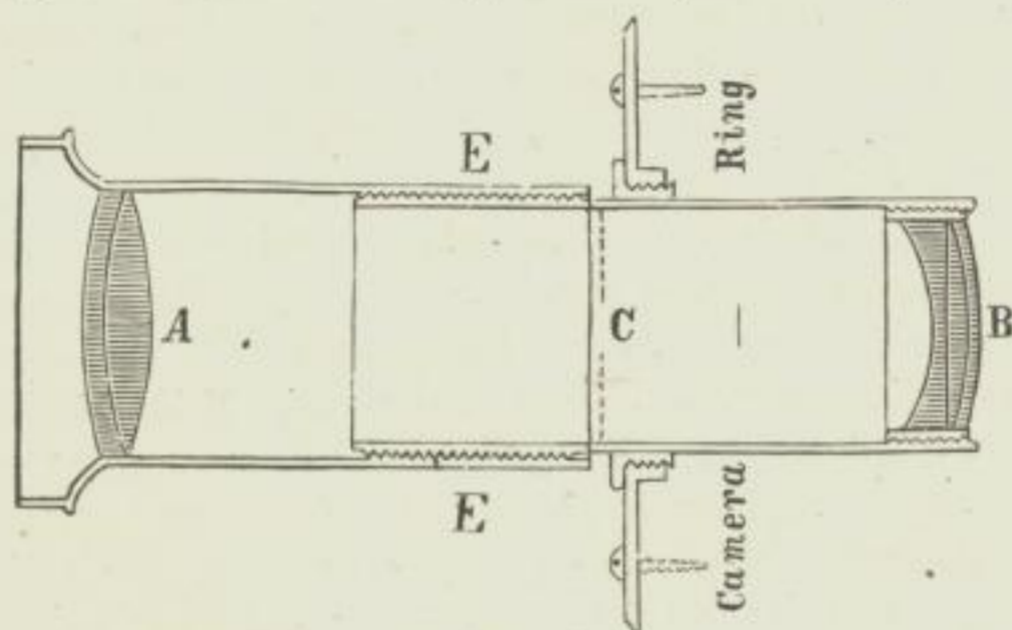


Fig. 159.

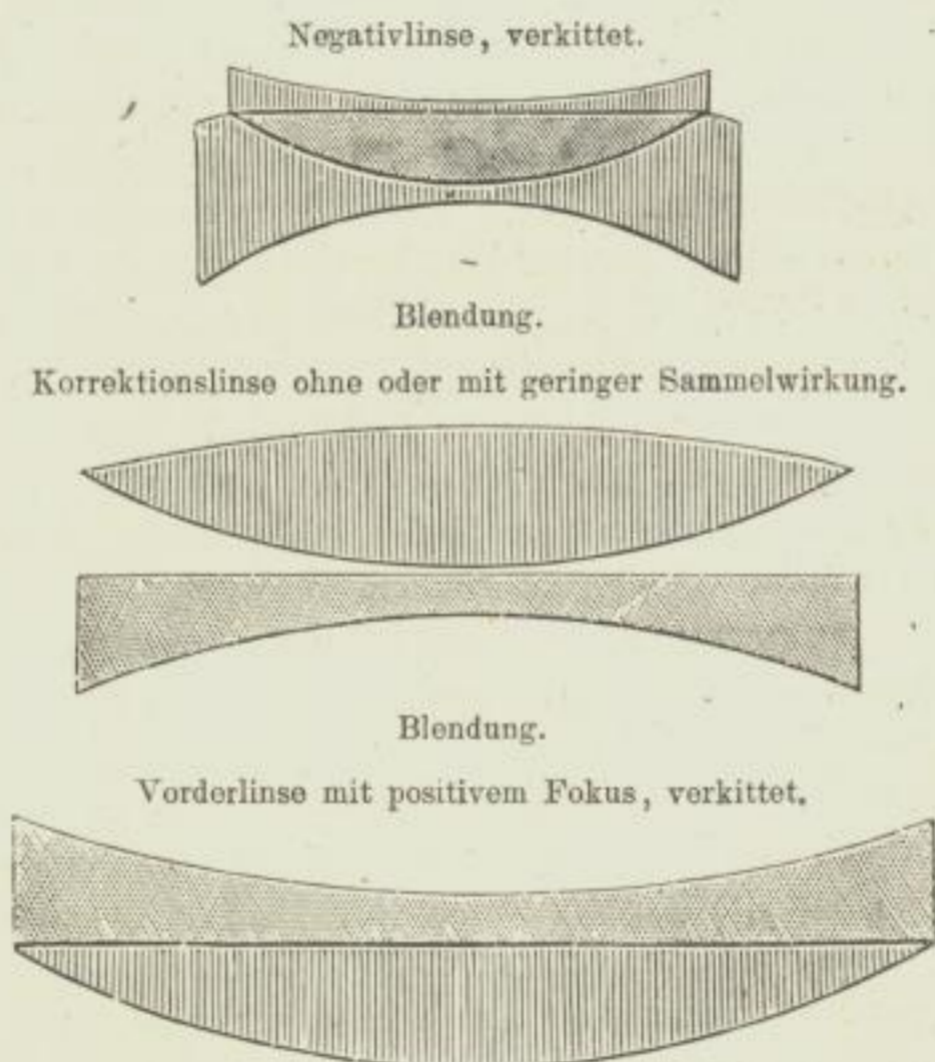


Fig. 160. Dreigliedriges telephotographisches System mit größerem Bildfelde.

1) Eders Jahrbuch f. Photographie pro 1892, S. 152.

rechnungen leicht, daß Systeme aus einer positiven und einer negativen Kombination gute Resultate bei geeigneter Konstruktion geben müßten. Auf Grund dieser Rechnungen habe ich Systeme aus einer langbrennweitigen positiven und einer kurzbrennweitigen Negativkombination herstellen lassen, welche schon im ersten Stadium der Annäherung sehr befriedigende Resultate liefern. Es ist mir möglich gewesen, sehr große, scharfe Fokalbilder bei ganz kurzem Kameraauszuge zu erzeugen und mit Leichtigkeit z. B. bei ca. 30 cm Kameralänge Bilder herzustellen, welche scharf und nahezu eben an Größe Äquivalentbrennweite von 2,4 m entsprechen.

Die beifolgende Fig. 159 veranschaulicht schematisch den Durchschnitt eines neuen Objektivs.

A ist eine chemisch nahezu korrigierte Konvexkombination (welche für kleine Instrumente verkittet sein kann) von 16 cm Äquivalentbrennweite und 35 mm Öffnung, *B* eine Konkavlinse, ebenfalls chemisch achromatisiert von 3 cm Fokus. Sie besteht aus drei Einzellinsen, die verkittet sind. Nahe der Konvexlinse ist für vollkommene Konstruktionen eine Korrektionslinse anzuordnen, welche die Verzeichnung und die Anomalien schiefer Strahlenbüschel korrigiert (siehe die detaillierte Zeichnung des optischen Teiles (Fig. 160). Beide Linsensysteme sind gegeneinander durch das stark steigende Gewinde bei *E* verschiebbar und zwar kann ihre Distanz zwischen 15,5 und 13 cm variiert werden. Bei *C* befindet sich eine Blende, welche auswechselbar ist und die größte Öffnung von $f/6$ der Konvexlinse gestattet. Das Objektiv liefert auf $f/18$ abgeblendet bei 50 cm Kameralänge eine Platte von 18×24 cm scharf, bei kurzen Kameraauszügen entsprechend weniger, bei langen mehr.

Die optische Konstruktion ist so ausgeführt, daß sowohl chemischer Fokus als auch Bildfeldkrümmung, sowie die chromatische Vergrößerungsdifferenz für mittlere Auszugslängen (erstere Fehler überhaupt für jede Auszugslänge) möglichst gut korrigiert sind. Die Verzeichnung kann praktisch unmerklich gemacht werden. In jedem Falle wird die Zusammensetzung aus zwei, höchstens drei verkitteten Linsenkombinationen beizubehalten sein. Außerdem gedenke ich jedem Systeme auf Wunsch zwei Konkavlinsen beizufügen, deren Brennweiten sich wie 1:2 verhalten sollen, um auch für gleiche Auszugslängen verschieden große Bilder, deren Größe sich dann wie 2:1 verhalten würde, erzielen zu können.

Die Einstellung mit diesen Linsen gestaltet sich ebenso wie mit jedem andern Objektiv, nur daß man, nachdem man der Kamera einen gewissen Auszug gegeben hat, die Distanz der Linsen durch das schnellsteigende mehrfache Gewinde bei *E* so lange variiert bis das Bild scharf ist. Ist es dann noch zu klein oder zu groß, so wiederholt man diese Operation noch ein oder mehrere Male.

Über die Anwendbarkeit dieses Systems brauche ich nichts hinzuzusetzen; hervorheben möchte ich nur noch, daß dasselbe sich auch im Atelier zur Herstellung von Reproduktionen und Aufnahmen in Lebensgröße bei sehr beschränktem Raume (die Kameralänge wird entsprechend reduziert) empfehlen wird.

Der Abhandlung waren zwei Tafeln beigegeben. Die eine stellte eine Aufnahme der Türme Potsdams mit einer Kameralänge von 28 cm aus 2480 m Distanz dar. Das benutzte Teleobjektiv bestand aus zwei verkitteten, chemisch achromatisierten Kombinationen. Vom gleichen Standpunkte mit einem Aplanaten von 14,7 cm Fokus aufgenommen, würde die Kuppelkirche einen Horizontaldurchmesser der Kuppel von 3,01 mm haben. Die Expositionszeit war bei gutem Lichte nur ein Bruchteil von einer Sekunde. — Die zweite Tafel enthielt Vergleichsaufnahmen vom selben Standpunkte aus, wovon die eine Aufnahme mit einem gewöhnlichen Objektiv, die andere mit einem Teleobjektiv gemacht worden war.

Die Ansicht des Mietheschen Teleobjektives zeigt Fig. 161. Bei *a* ist die Sammellinse angebracht, welche durch den Trieb *c* um die Zahnstange *b* nach vorne und rückwärts verschoben werden kann; bei *d* befindet sich die Rotationsblende und unmittelbar dahinter der Objektivring, während die Zerstreuungslinse bei *e* angebracht ist.

Das Teleobjektiv zeichnet mit einer Kameralänge von 25 m eine 13×18 cm-Platte bis in die Ecken scharf aus und die Vergrößerung ist ungefähr eine vierfache gegenüber einem gewöhnlichen Objektiv von 25 cm Brennweite. Die Vergrößerung schwankt je nach der Auszugslänge; je länger der Kameraauszug ist, desto bedeutender wird dieselbe, ohne daß die scharfe Einstellung des Bildes irgend welche Schwierigkeiten bieten würde. Der nutzbare Bildwinkel des Objektivs beträgt reichlich 10 Grad, der Lichtkreis 14—15 Grad. Man stellt am besten mit der größten Blende ein; für eine Auszugslänge von ungefähr 30 cm benutzt man die kleinste oder vorletzte Blende. Für lange Auszüge über 55 cm soll die kleinste Blende nicht benutzt werden, weil durch die Diffraktion die Schärfe dadurch nicht vermehrt würde. Die weiteste Blende besitzt einen Durchmesser, welcher

$\frac{1}{5}$ des Fokus der Vorderlinse $\left(= \frac{f}{5} \right)$ ist.

Die Verzeichnung ist bei Dr. Miethes Teleobjektiv fast vollkommen behoben; jedenfalls ist mit bloßem Auge davon nichts zu sehen. Bei der Einstellung ist auf die Mittelschärfe einzustellen; es zeigt sich ein geringer gelbroter Farbensaum (chromatische Abweichung) am Bildrande, jedoch ist dies für das Bild ohne schädlichen Einfluß (Eder, Phot. Korresp. 1892).

III. Ein neues teleskopisches Objektiv für photographische Zwecke.

Vortrag von Thomas R. Dallmeyer, gehalten am 10. Dezember 1891.

(Aus dem Journal of the Camera Club, London 1892 S. 10.)

Bisher gab es nur zwei Methoden, um große Bilder zu erhalten, nämlich man verwendete entweder gewöhnliche bikonvexe Linsen von sehr großer Brennweite, oder aber man erzeugte ein erstes Bild durch eine bikonvexe Linse und vergrößerte dasselbe durch eine zweite ebensolche Linse, welche hinter der Bildebene der ersten angeordnet ist. Die erzielte Vergrößerung hängt von der Brennweite der zweiten Linse und ihrem Abstände von der Ebene des ersten Bildes und der empfindlichen Platte ab. Diese Konstruktion findet u. a. Anwendung im Photoheliograph.

Die erste dieser Methoden fand außer in der Himmelsphotographie nur wenig Anwendung, da sie sehr unhandliche Kameras erfordert. Die zweite ist nahezu wertlos für die Photographie im allgemeinen, da sie einen großen Lichtverlust mit sich bringt und daher Expositionszeiten erfordert, welche überhaupt nur bei leblosen Objekten möglich sind.

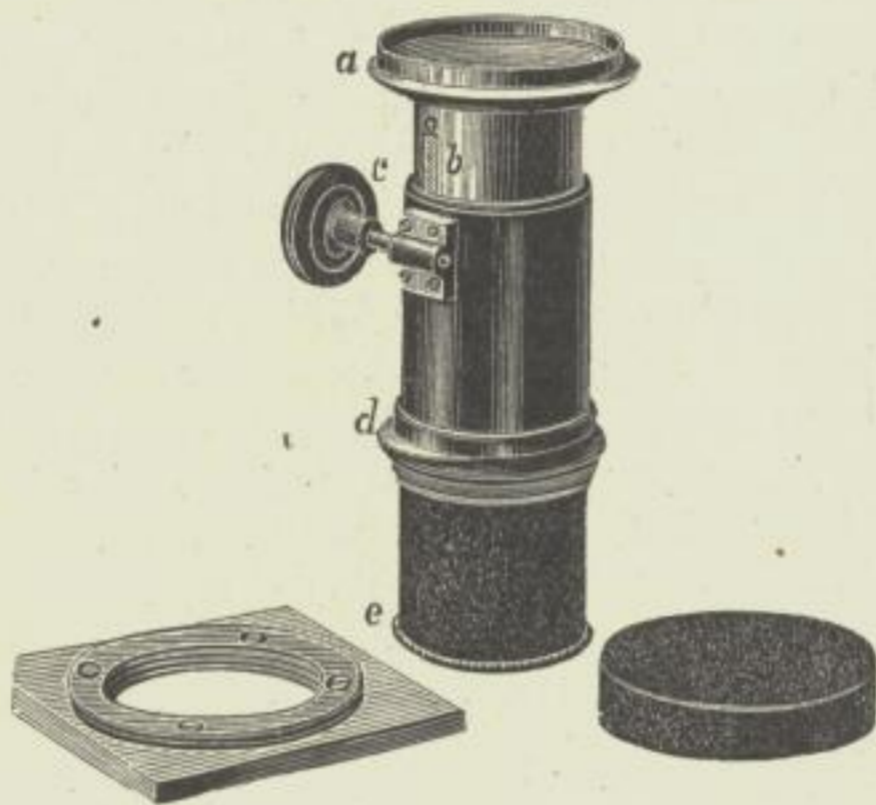


Fig. 161.

Das neue Teleobjektiv besteht nur aus zwei Linsen und erzeugt reelle umgekehrte Bilder.

Stellt man eine Kamera nacheinander mit zwei verschiedenen Objektiven beliebiger Konstruktion auf einen entfernten Gegenstand ein, und ist das von dem einen Objektiv erzeugte Bild n -mal so groß als dasjenige des anderen, so ist auch die Brennweite des ersten Objektivs n -mal größer als die des zweiten, vorausgesetzt natürlich, daß beide Bilder reell und umgekehrt sind.

Die Brennweite einer Linse ist praktisch hinreichend genau gegeben durch den Abstand der Brennebene und derjenigen der beiden Hauptebenen der Linse, welche durch den dem Hauptbrennpunkte derselben näher gelegenen Knotenpunkt geht.

An den meisten Objektiven kann die Lage dieser Hauptebene auf der Metallfassung direkt durch einen Strich angegeben werden. Wenn ich nicht irre, hat Herr Warnerke zuerst auf die Wichtigkeit aufmerksam gemacht, die Lage dieser Hauptebene unter die von Optikern bei der Beschreibung ihrer Objektive angeführten Maße mit aufzunehmen.

Die letzte und wichtigste Arbeit über diesen Punkt rührt übrigens von Professor Sylvanus Thompson her, welcher am 28. November der Society of Arts eine Abhandlung übergab, die auch in den Publikationen dieser Gesellschaft erschienen ist. Der früher erwähnte Knotenpunkt liegt z. B. beim Rapid-Rektilinear etwas hinter der Fassung, während er bei den meisten anderen Objektivkonstruktionen noch in dieselbe fällt.

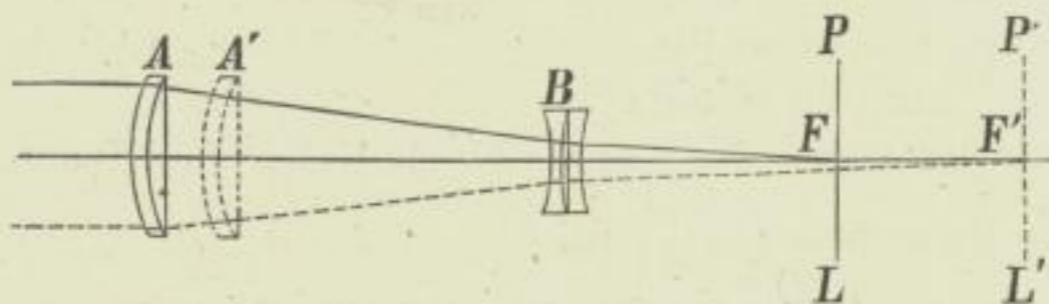


Fig. 162.

Zu Fig. 162. Der obere ausgezogene, zur Achse parallele Strahl trifft die Linse A und erzeugt bei richtiger Stellung von A und B nach dem Durchgange durch B in F' auf der Ebene PL ein Bild. Wird die Ebene nach $P'L'$ verschoben, also von B entfernt, so muß die Vorderlinse A nach A' gebracht, also B genähert werden. Die untere gestrichelte Linie stellt wieder einen zur Achse parallelen Strahl dar, der A' trifft und nach dem Durchgange durch B in F' auf $P'L'$ ein Bild erzeugt.

Bei manchen Objektiven liegt infolge der Konstruktion der fragliche Knotenpunkt etwas hinter der Fassung, so bei stark gekrümmten Meniskusformen, bei anderen wieder etwas vor derselben, wie bei Petzvals „orthoskopischem Objektiv“.

Der Grundgedanke bei der Konstruktion des vorliegenden Objektivs war nun, jenen Knotenpunkt, von welchem aus die Kamera tatsächlich gemessen wird, beliebig weit vor die Linse gegen das Objekt hinzuschieben, um dadurch ein großes reelles Bild zu erzielen, welches zur Aufnahme keiner langen Auszugsvorrichtung an der Kamera bedarf.

Ich will nun weiter erläutern, wie diese Idee ausgeführt wurde, und ferner auch die weiteren Eigenschaften dieses Linsensystems besprechen. Eigenschaften, welche vollkommen neu sind.

Der Vorderteil des Systems ist eine bikonvexe Linse, am besten von großer Öffnung und kurzer Brennweite; der rückwärtige eine bikonkave Linse mit einer kleineren Brennweite als die der bikonvexen Vorderlinse (bei Petzvals Orthoskop ist die Brennweite der Bikonkavlinse mehr als doppelt so groß als die der bikonvexen).

Im großen und ganzen ist bei gegebener Kameralänge das Bild um so größer, je kürzer die Brennweite der Hinterlinse im Vergleiche zu derjenigen der Vorderlinse ist.

Der Vergleich meiner Linsenkombination mit einem galileischen Fernrohre (Operngucker) trifft nicht so ganz zu, da aus einem galileischen Fernrohre die Strahlen divergierend und nicht konvergent austreten; allerdings kann mein neues Objektiv auch als galileisches Fernrohr verwendet werden, wenn man die Linsen entsprechend gegeneinander verstellt.

Aus der Figur ergibt sich, daß durch Verrückung der bikonkaven Linse *B* gegen die bikonvexe *A* Strahlen beliebig parallel, konvergent oder divergent gemacht werden können.

Um für eine gegebene Kamerastellung ein Bild zu erhalten, müssen die Strahlen konvergent gemacht werden, da nur dann ein reelles Bild entstehen kann.

Der Abstand der Ebene, auf welcher das Bild aufgefangen werden soll, ist unwesentlich. Die Ebene kann dicht an der Hinterlinse liegen oder beliebig weit abgerückt werden. Um aber für eine gegebene Bildebene einzustellen, müssen die beiden Linsen des Systems in einen entsprechenden Abstand voneinander gebracht werden. Mit anderen Worten: es wird im allgemeinen durch Regulierung des Abstandes der beiden Linsen scharf eingestellt; unter Umständen ist eine andere Art der Einstellung überhaupt nicht möglich. Wären z. B. die Linsen Fig. 163 bei einer gewissen Stellung der Kamera für ein sehr entferntes Objekt, etwa die Sonne, eingestellt, so wäre es ganz unmöglich, durch Verlängern oder Verkürzen des Auszuges auf sehr nahe Gegenstände einzustellen. Die nahen Objekte ergeben eben bei jener Stellung der Linsen divergente und nicht konvergente Strahlen.

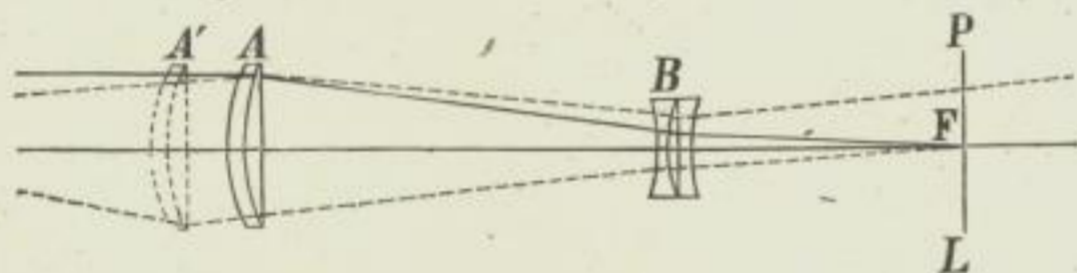


Fig. 163.

Zu Fig. 163. Der obere ausgezogene, zur Achse parallele Strahl erzeugt ein Bild in *F* auf *PL*. Fällt von einem nahen Objekte ein Strahl in der gestrichelten Richtung auf *A*, so wird er in seinem weiteren Verlaufe durch die Linse *B* von der Achse weggebrochen, es entsteht also kein reelles Bild.

In der unteren Hälfte der Figur aber ist *A* nach *A'* gerückt; dadurch erzeugt auch der nahe Gegenstand in *F* auf *PL* ein Bild.

Andererseits wäre der Abstand der beiden Linsen für ein nahes Objekt richtig, und wollte man dann mittels des Auszuges auf einen entfernten Gegenstand einstellen, so ist dies ebenfalls unmöglich: man erhält ein Bild nur durch Änderung des Abstandes zwischen den Linsen.

Es ist einleuchtend, daß, je größer in dem Systeme die Brennweite der bikonvexen Linse ist, um so größer auch der Abstand der beiden Linsen sein muß, sowohl für nahe als für ferne Bildebenen.

Eine solche Konstruktion gibt Bilder in ganz beliebiger Größe; eine ganz geringe Änderung im Abstände der beiden Linsen erzeugt ein scharfes Bild, mag nun die Bildebene nahe oder entfernt vom Objektiv liegen; das eine darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden: je größer der Abstand der empfindlichen Platte vom Objektiv, um so langsamer arbeitet dasselbe.

Gehen wir nun auf die Schnelligkeit des Arbeitens (die Lichtstärke) näher ein. Die empfindliche Platte möge in 10 Zoll Abstand¹⁾ von einem gewöhnlichen Objektiv von 12 Zoll Brennweite stehen. Dabei sei auf ein entferntes Objektiv eingestellt. Er-

1) Alle in diesem Aufsätze angeführten Maße sind englische: 1 Fuß = 12 Zoll = 0,305 m, 1 Yard = 3 Fuß = 0,915 m, 1 Meile = 1609,315 m.

setzen wir nun jenes Objektiv durch unser neues und stellen durch Änderung des Abstandes seiner Linsen wieder auf denselben Gegenstand ein, so erzeugt das neue Objektiv ein fünfmal so großes Bild, als dasjenige des Objektivs von 12 Zoll Brennweite war. Wir haben also in dem neuen Objektiv eigentlich eine Linse von $5 \times 12 = 60$ Zoll Brennweite angewendet.

Fragen wir uns nun, wie rasch arbeitet dasselbe? Die Antwort lautet: wir müssen uns die Vorderlinse in einen Abstand von 60 Zoll vor der empfindlichen Platte versetzt denken; mit anderen Worten, der Knotenpunkt ist auf 60 Zoll vor die Bildebene gerückt (Fig. 164).

Aus diesem Grunde ist es klar, daß nicht genug Gewicht auf eine große Öffnung der Vorderlinse gelegt werden kann. Setzen wir in unserem Falle voraus, die Vorderlinse habe 3 Zoll Öffnung, so hätten wir als Maß für die Lichtstärke $\frac{f}{20}$.

Bei Anwendung unserer Kombination wird man mit Rücksicht auf die Lichtverhältnisse zu erwägen haben, ob man mit geringerer Vergrößerung, also empfindliche Platte nahe dem Objektiv, Knotenpunkt mäßig vorgeschoben, arbeiten soll, oder ob die Beleuchtung derart ist, daß man eine große Distanz der empfindlichen Platte vom Objektiv, also starke Vergrößerung anwenden kann, wobei durch Verschiebung der Linsen gegeneinander der Knotenpunkt weit vor das Objektiv gerückt wird.

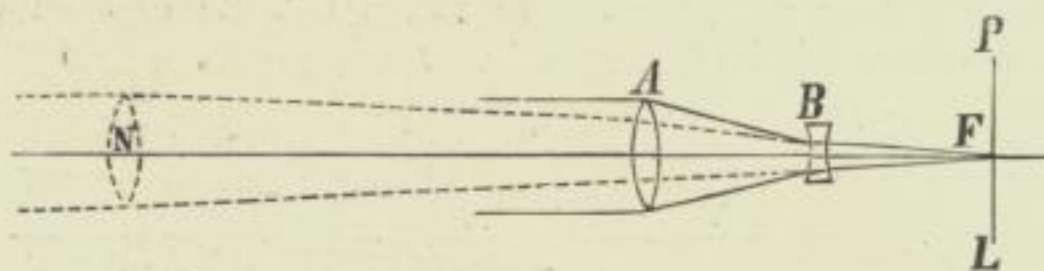


Fig. 164.

Fig. 164 stellt einen Strahlenbündel dar, welcher nach Durchgang durch die beiden Linsen A und B des Systems in F auf PL ein Bild erzeugt. Um über die Schnelligkeit des Arbeitens, also die Lichtstärke ins Klare zu kommen, müssen wir uns das Objektiv mit voller Öffnung in seine Hauptebene, welche durch den Knotenpunkt N geht, versetzt denken. Es gelangt also A in die scheinbare Stellung bei N. Die Lage von N ist für verschiedene Stellungen der Platte PL verschieden.

Wie beim Teleskop wird auch hier der Gesichtswinkel um so kleiner, je mehr die Vergrößerung wächst. Es ist zwar bei einem und demselben Instrumente der Unterschied der Gesichtswinkel bei mäßiger und starker Vergrößerung ein geringer, natürlich wird aber ein um so größerer Teil der empfindlichen Platte vom Bilde bedeckt, je weiter dasselbe von der Hinterlinse entsteht. Das hier angewendete Prinzip ist auch von Wichtigkeit für die Konstruktion von Fernrohren, da es bei geringer Länge des Instrumentes starke Vergrößerungen ermöglicht.

Es ist sicher nicht uninteressant, daß sich dieses Objektiv auch leicht zur Astrophotographie verwenden läßt und hierbei meiner Meinung nach gute Dienste leisten wird.

Sie denken vielleicht daran, rasch arbeitende Porträtobjektive als Vorderlinsen und einfache bikonkave Linsen von kurzer Brennweite, ähnlich den gewöhnlichen Brilleugläsern für Kurzsichtige, als Hinterlinsen zu verwenden.

Ich glaube, daß Sie bei Anwendung beliebiger Linsen sehr enttäuscht sein werden. Ich habe gegenwärtig eine Serie von entsprechend berichtigten Bikonkavlinsen in Arbeit, welche als Hinterlinsen zu Porträtobjektiven von kurzer Brennweite dienen sollen. Dadurch ergibt sich für jene rasch arbeitenden Porträtobjektive, welche in letzter Zeit vielfach bei Seite gelegt wurden, eine neue interessante Verwendung.

IV. Ein zusammengesetztes telephotographisches Objektiv.

(Compound Tele-Photo-Lens.)

Von T. R. Dallmeyer.

Mitteilung im Camera Club London [publiziert in Nr. 70, Bd. 6, April 1892]
am 10. März 1892.

„Im verflossenen Dezember erwähnte ich, daß ich an einem bikonkaven Linsensystem arbeite, welches mit den rasch wirkenden Porträtobjektiven zu kombinieren wäre. Dies ist nun ausgeführt, und ich möchte Ihnen heute hierüber einige Mitteilungen machen.

Die einfache (aus zwei verkitteten Einzellinsen bestehende) Bikonvex- und ebensolche Bikonkavlinse ist im zusammengesetzten Teleobjektive ersetzt durch ein ständiges Porträtobjektiv als Vorderlinse und eine symmetrische bikonkave Kombination als Hinterlinse.

In Fig. 165 kann die einfache Vorderlinse P allein richtig gezeichnete scharfe Bilder nur nahe ihrer optischen Achse geben, es muß daher die bikonkave Hinterlinse eine entsprechende Form erhalten, um auch Randschärfe zu erzielen.

Bei dem Ihnen seinerzeit vorgeführten Instrumente suche ich dies mit dem geringsten Aufwand optischer Mittel zu erreichen. Einer der Hauptübelstände dieser einfachen Form ist der, daß bei voller Ausnützung der Linsen, d. h. wenn das größte Plattenformat, welches von der Linse eben noch gedeckt wird, Anwendung findet, am Rande eine Verzerrung entsteht, welche zum mindesten für Architektur-Aufnahmen

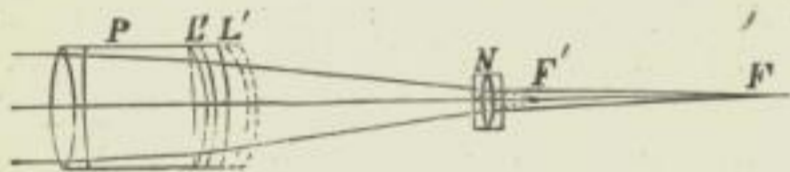


Fig. 165.

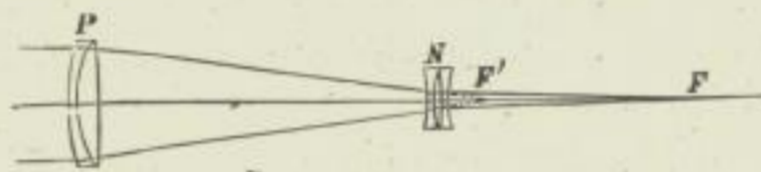


Fig. 166.

über das zulässige Maß hinausgeht, und welche bei dieser Kombination nicht behoben werden kann.

Weiter ist der Umstand von Bedeutung: Wenn in einem optischen Systeme die Strahlen vom positiven gegen das negative Element hin wie hier in sehr verschiedenem Maße konvergieren, so kann dasselbe nur für eine ganz bestimmte Kamera-stellung, also für nur eine Ebene aplanatisch sein, es ist nicht möglich, dasselbe auch gleichzeitig für eine andere Ebene zu korrigieren. Um die Aberration für eine andere Ebene auch zu eliminieren, müßte eine Blende angewandt werden, wodurch sowohl das Gesichtsfeld als die Lichtstärke große Einbuße erleiden.

Mit der vorliegenden Linse wollte ich diesen beiden Übelständen abhelfen. Nachdem so vielerlei Elemente, an welchen Modifikationen angebracht werden können, zur Verfügung stehen, liegt kein großes Verdienst in dem Erfolge, welchen ich erzielte.

Fig. 166 stellt das zusammengesetzte Objektiv dar. Die Vorderseite ist ein vollständiges Porträtobjektiv (eine Konstruktion meines verstorbenen Vaters), die Hinterlinse ist ein bikonkaves „rapid rectilinear“ von kurzer Brennweite.

Das Porträtobjektiv muß lichtstark sein (d. h. eine große Öffnung haben) und wird mit Rücksicht auf das Gewicht am besten eine kurze Brennweite erhalten. Die Vorderlinse ist für sich und für ihre ganze Oberfläche möglichst gut korrigiert, ebenso das bikonkave Rektilinear. Hierdurch erreicht man größere Schärfe im ganzen Gesichtsfelde, und gleichzeitig wird die Verzerrung auf ein Minimum reduziert.

Ich will hier gleich erwähnen, daß in optischen Konstruktionen nicht notwendig damit der beste Erfolg erzielt wird, daß die Aberration in jedem einzelnen Elemente möglichst beseitigt wird. Bei mehreren sehr guten zusammengesetzten Objektivformen

läßt das eine Element große Aberration in einem Sinne bestehen, die dann durch die entgegengesetzte Aberration von den anderen Elementen aufgehoben wird. In der speziellen vorliegenden Konstruktion muß jedes Element für sich möglichst korrigiert sein. Nachdem aber die Strahlen, wie früher erwähnt, von der Vorder- gegen die Hinterlinse sehr verschieden konvergieren, so mußte darnach getrachtet werden, durch ein einfaches Mittel eine vollkommene Korrektur der Verzerrung zu erzielen, für welche Distanzen immer das Objektiv Verwendung finden mag. Dieses Mittel ist in jener patentierten Form der Porträtobjektive gegeben, welche eine Änderung des Abstandes der beiden Linsen, die das zweite Element des Objektivs bilden, gestattet. Das ganze System ist für ein nahes Objekt korrigiert und frei von Aberration, wenn die Linse L möglichst weit eingeschraubt ist; schraubt man sie etwas zurück nach L' , so ist die Aberration für alle ferneren Objekte bis ins Unendliche beseitigt. Die nötige Verschiebung ist sehr gering, sie beträgt ungefähr eine Umdrehung des in der Fassung enthaltenen Schraubengewindes.

Dieser Vorgang ist der einzige, der zum Ziele führt, denn das andere mögliche Mittel, die Anwendung von Blenden, vermindert nicht nur sehr rasch die Lichtstärke, sondern auch den Bildwinkel, welcher vielleicht noch wichtiger ist.

Ich möchte auch nochmals Ihre Aufmerksamkeit auf die mögliche Vergrößerung lenken. Bei einem und demselben Instrumente kann dieselbe durch Verlängerung des Auszugs vergrößert werden. Eine andere Methode besteht darin, Hinterlinsen von kürzerer Brennweite anzuwenden, wodurch die ganze Kombination, bei gleicher Auszugslänge, mit größerer äquivalenter Brennweite arbeitet. Man darf jedoch nicht vergessen, daß, je kürzer die negative, um so geringer die Lichtstärke und der Bildwinkel werden.

Ich trachtete ein, möglichst allgemein anwendbares Objektiv zu konstruieren mit tunlichst großem Bildwinkel und Lichtstärke und vier- bis fünfmal so großer Brennweite als diejenige einer gewöhnlichen Linse, welche bei gleicher Auszugslänge ein Bild geben würde. Es ist aber sehr einfach, die Brennweite zu vergrößern oder zu vermindern, wobei in gleichem Maße Lichtstärke und Bildwinkel geopfert oder gewonnen wird.“

Als R. Steinheil, wie Seite 162 erwähnt wurde, gezeigt hatte, daß eine gut korrigierte Negativlinse mit jedem gut korrigierten Objektiv

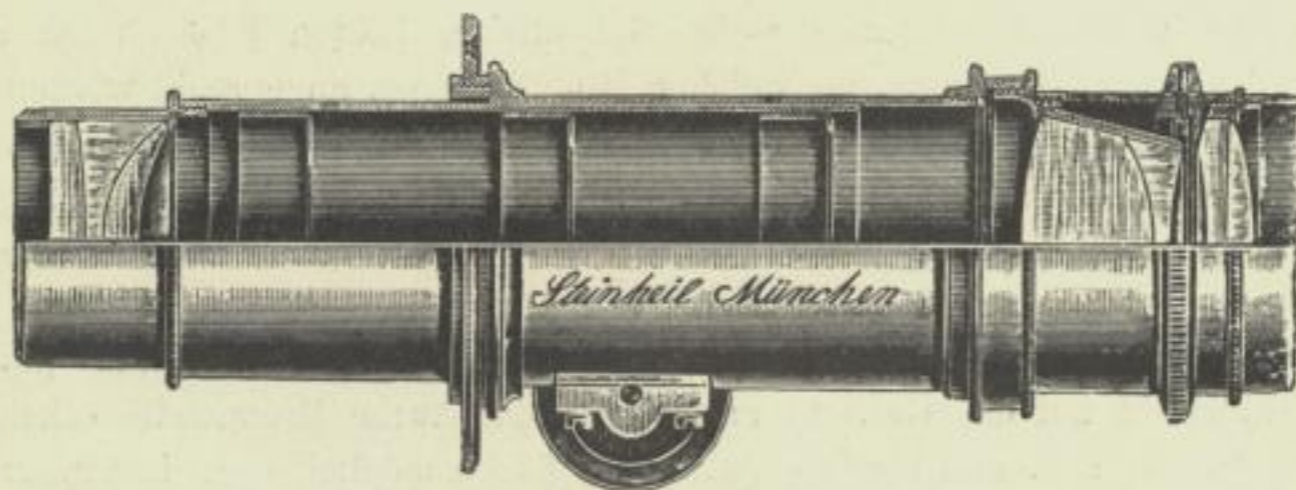


Fig. 167. Steinheils Tele-Objektiv.

zu einem Teleobjektiv kombiniert werden kann, war die Anfertigung eigener Teleobjektive nicht mehr notwendig, es brauchte sich jeder Besitzer eines Objektivs nur eine negative Linse in der entsprechenden

Montierung (dem Teletubus) anzuschaffen, um ein Teleobjektiv zu besitzen. Solche Negativlinsen in Fassung wurden auch bald von fast allen optischen Firmen als Negativsystem, Telenegative usw. hergestellt.

Die Umwandlung eines gewöhnlichen Objectives in ein Fern- oder Teleobjektiv erfolgt fast durchweg dadurch, daß man das Objektiv (Telepositiv) in den vorderen Teil des Teletubus einschraubt, diesen selbst aber in den an der Kamera befindlichen Objektivring schraubt, eventuell unter Verwendung eines Zwischenringes. Der Teletubus ist meist mit Trieb ausgestattet, mittelst dessen die Entfernung des Negativelementes vom Positivelement (dem Objektiv) verändert werden kann, um verschiedene Brennweiten und damit verschiedene Vergrößerung zu erzielen. Die Vergrößerung eines Teleobjectives gibt an, wieviel mal ein Gegenstand durch das Teleobjektiv größer abgebildet wird als durch das Telepositiv allein. Es muß also zur Bestimmung

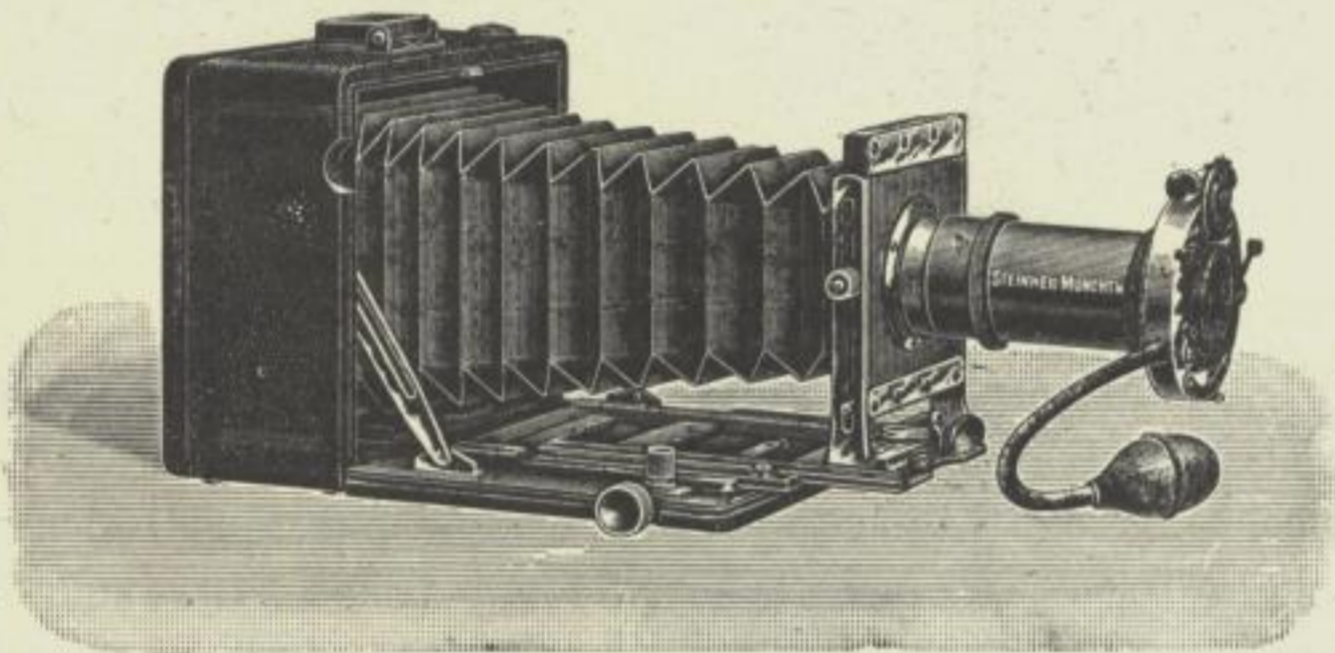


Fig. 168. Handkamera mit Tele-Objektiv.

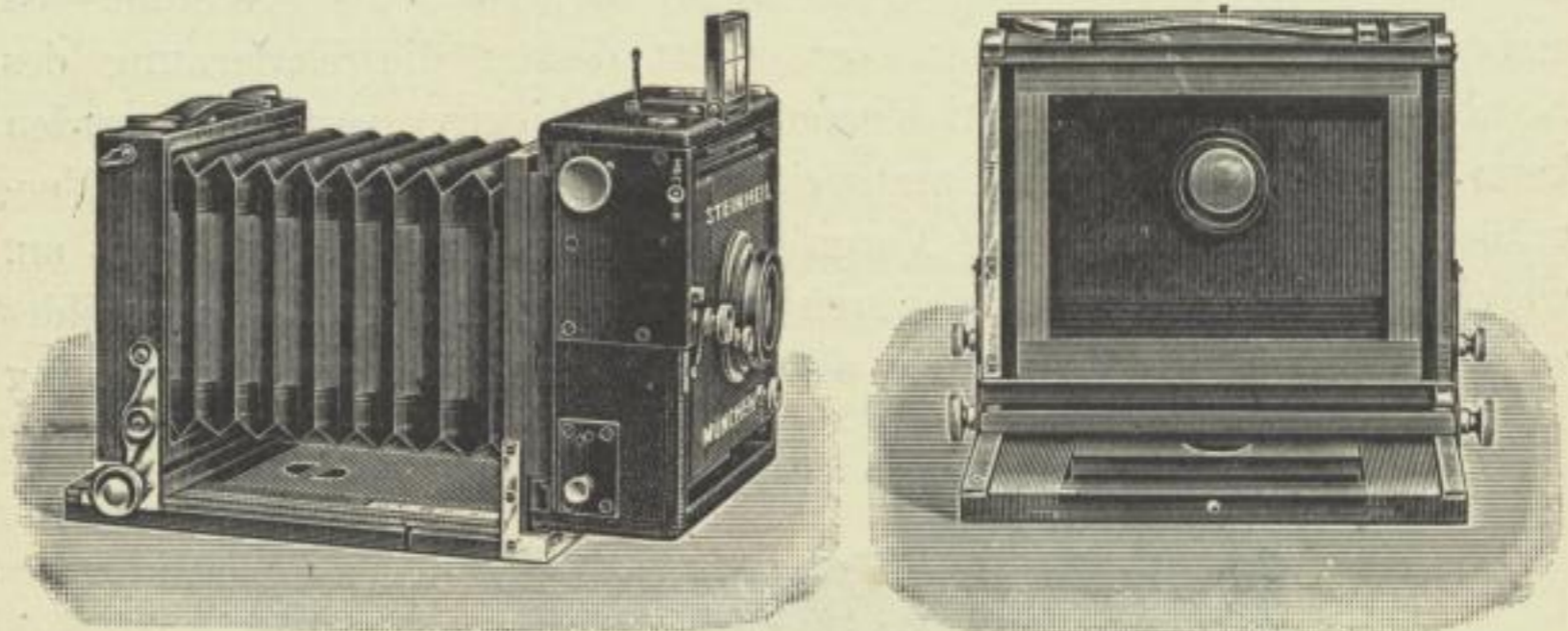
der Vergrößerung ein Gegenstand sowohl mit dem Telepositiv allein, als auch mit dem Teleobjektiv eingestellt und jedesmal gemessen werden. Die bei Einstellung mit dem Teleobjektiv gefundene Zahl dividiert durch die bei Einstellung mit dem Telepositiv gefundene Zahl gibt die Vergrößerung.

Da bei der Kombination eines Objectives mit einer Negativlinse zu einem Teleobjektiv die Brennweite verlängert wird, ohne daß gleichzeitig auch die Öffnung wächst, ist das Teleobjektiv immer viel lichtschwächer als das Objektiv, welches sein positives Element bildet. Zur Erzielung von Teleobjectiven, welche unter günstigen Umständen noch Momentaufnahmen gestatten, müssen deshalb als Positivelemente sehr helle Objective verwendet werden.

Für Handkameras werden die Teletubus möglichst kurz gehalten, die Verstellung gestattet nur einige Vergrößerungen. Manche Firmen

liefern für Handkameras auch Negativlinsen, welche vor das Objektiv aufgesteckt werden und so mit diesem ein Teleobjektiv bilden, doch ist diese Anordnung entschieden ungünstiger, weil sie die Helligkeit des Objektivs noch mehr verringert als bei dem gewöhnlichen Teleobjektiv.

Das Teleobjektiv „Adon“ von Dallmeyer beruht auf ähnlichem Prinzip, nur wird statt einer negativen Linse ein vollständiges Teleobjektiv, bestehend aus positivem und negativem Element, vor das



gebrauchsfertig.

Innenansicht.

Fig. 169. Kieslings Telezwischenwand.

Objektiv gesetzt, wobei beide Elemente einen solchen Abstand besitzen, daß sie als negative Linse wirken. Für sich allein kann dieses Vorsatzsystem bei anderer Entfernung von Positiv- und Negativelement als selbständiges Teleobjektiv verwendet werden. (Phot. Mitt. 1902. S. 112.)

Zur Ersparung des Teletubus bei Klappkameras wurde von Rittmeister Kiesling die sogenannte Telezwischenwand konstruiert, ein fester Rahmen, welcher die Negativlinse trägt, der bei geschlossener Kamera statt der Mattscheibe eingesetzt wird, während ein sog. Kameraansatz mit Trieb mit ihm in Verbindung steht.

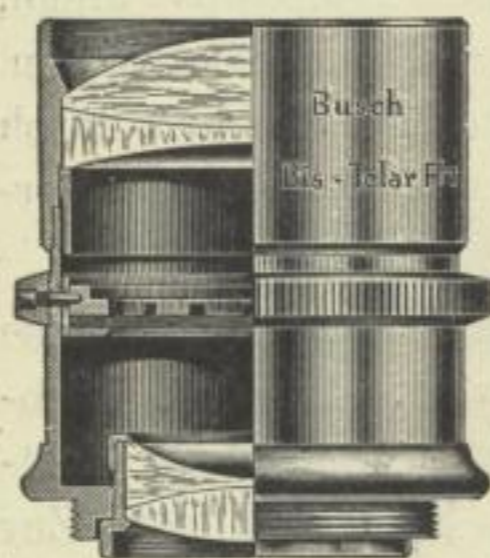


Fig. 170. Buschs Bis-Telar.

Die Aufzählung der von den verschiedenen Firmen angefertigten Teleobjektive ist hier nicht nötig, da die Positivelemente stets photographische Objektivs der betreffenden Firmen sind, welche unter diesen aufgeführt wurden, die Negativelemente aber sich meist nur durch etwas verschiedene mechanische Ausführung des Teletubus unterscheiden.

Eine eigentümliche Art von Teleobjektiven liefert die Firma E. Busch Aktienges. in Rathenow unter dem Namen Bis-Telar.¹⁾ Es

1) Jahrb. f. Phot. 1906. S. 87; 1908. S. 46.

ist dies ein aus einer positiven Vorderlinse und einer negativen Hinterlinse bestehendes Objektiv, bei welchem die sehr kurze Brennweite der Vorderlinse es möglich macht, daß dieses ganze Teleobjektiv keine wesentlich größeren Dimensionen hat, als ein Objektiv von der Brennweite gleich dem für das Bis-Telar notwendigen Auszug.

Das Dallmeyer-Bergheim-Objektiv.

Unter die Teleobjektive gehört wegen seiner Zusammensetzung auch das Dallmeyer-Bergheim-Objektiv, obwohl es nicht in der Vielseitigkeit angewendet wird, wie die eigentlichen Teleobjektive. Da das Dallmeyer-Bergheim-Objektiv hauptsächlich zu sogenannten künstlerischen Aufnahmen bestimmt ist, bei welchen die bei gewöhnlichen Objektiven gewollte geschnittene Schärfe durch eine absichtliche, weiche Unschärfe ersetzt ist, ist es aus einzelnen unkorrigierten Linsen zusammengesetzt. Der positive Teil, das Telepositiv, besteht aus einer Plankonvexlinse, welche dem Objekt die Planseite zukehrt, während der negative Teil, das Telenegativ, aus einem negativen Meniskus besteht, welcher dem Telepositiv die stärker gekrümmte hohle Seite zuwendet. Durch die Wahl der Brennweite der positiven und der negativen Linse und durch die Verteilung der Brechungen in die Flächen derselben ist eine gleichmäßige Unschärfe über die ganze Platte erzielt, weil die den unkorrigierten Linsen anhaftenden Fehler auf der Achse dieselbe Undeutlichkeit erzeugen, wie die Fehler in den schrägen Büscheln. Natürlich ließe sich aber dieser Kompromiß nicht aufrecht erhalten, wenn man die Brennweite des Objectives zu groß machen würde, d. h. wenn man die Entfernung des Telenegativs vom Telepositiv so stark variieren ließe, daß die Äquivalentbrennweite bei der geringsten Entfernung zwischen Telenegativ und Telepositiv ein vielfaches der Äquivalentbrennweite wäre, welche bei dem durch die Montierung zulässigen weitesten Abstand zwischen diesen beiden Linsen erhalten wird. Die Fassung des Dallmeyer-Bergheim-Objectives ist deshalb so angeordnet, daß die größte erzielbare Äquivalentbrennweite höchstens das 1,6fache der kleinsten zu erhaltenden Brennweite ist. Die Auszugslänge der Kamera ist dabei stets nahezu halb so groß als die Äquivalentbrennweite. Für die kürzeste Äquivalentbrennweite hat das Objektiv

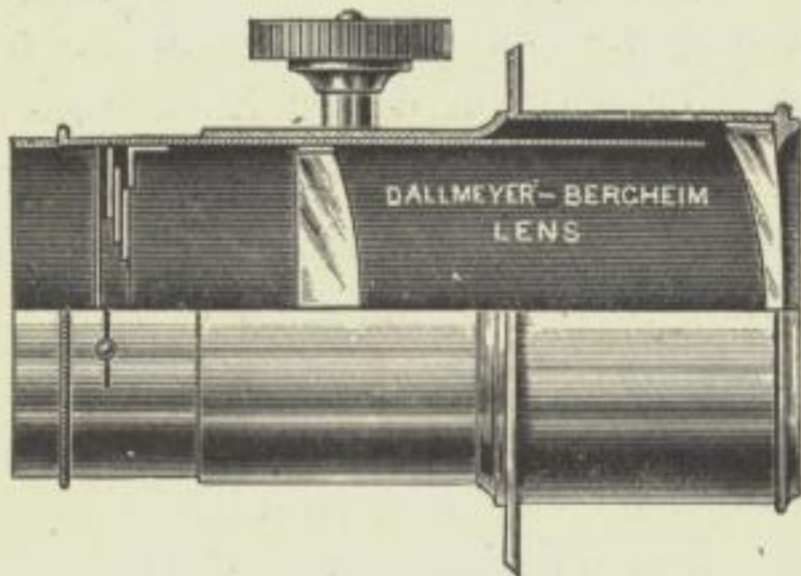


Fig 171.

ein Öffnungsverhältnis von 1:8, für die längste ein solches von 1:12, wenn keine Blenden verwendet werden. Da das Objektiv Vorderblende besitzt, wird das Öffnungsverhältnis für verschiedene Abblendungen immer dadurch gefunden, daß man mit dem Durchmesser der verwendeten Blende in die Äquivalentbrennweite dividiert.

Ausgeführt wird das Objektiv in drei Größen für Platten 13×18 , 16×21 und 18×24 cm.

Das Dallmeyer-Bergheims Porträtobjektiv besitzt die Helligkeit von $f:9$ bis $f:15$, ist somit nicht besonders lichtstark, jedoch vielseitiger verwendbar als die sogenannten Monoclelinsen. Das Objektiv besteht aus zwei Einzellinsen (einem positiven und einem negativen Element).

Durch Verschiebung der beiden Linsen gegeneinander liefert das Objektiv (Fig. 171) eine ansehnliche Reihe verschiedener Brennweiten. Die sphärische achromatische Aberration in den unkorrigierten Einzellinsen sind absichtlich unterlassen, um eine gleichmäßige Unschärfe im Bilde zu erzielen, welche der Amateurphotograph Bergheim in Wien besonders für künstlerische Zwecke befürwortete und deshalb Dallmeyer zur Konstruktion dieser Linse veranlaßte.

Dieses Objektiv ist für große Köpfe und lebensgroße Reproduktionen zweckmäßig; die außerordentliche Fokustiefe erwirkt gleichmäßige Verteilung der nur mäßigen Schärfe in der Ebene, in welcher sich der Gegenstand befindet, und verhindert den Mangel an Tiefe in großen für kritische Schärfe erbauten Porträtobjektiven, in denen eine Fläche des Bildes viel schärfer als die anderen erscheint.

Diese Objektive weichen von allen bekannten Porträtobjektiven ab, da sie eine längere Brennweite haben und natürliche Perspektive vermitteln. Sie haben eine ansehnliche Reihe verschiedener Brennweiten und decken, je nach der Ausdehnung, auch verschiedene Plattenformate. Jedes Bildformat kann produziert werden, da die Größe von dem Auszug abhängt. Mit demselben Apparat erreicht man Kabinett- und Lebensgröße.

Telephot (Kombination von Objektiv und Spiegeln).

Eine Rückkehr zum langbrennweitigen Objektiv für Fernaufnahmen bedeutet das Telephot der Aktiengesellschaft für Photographie und Optik in Genf „Vega“, welches eine Kombination von Objektiv und Spiegeln darstellt. In einer Kastenkamera wird das vom Objektiv kommende Licht zweimal gespiegelt, so daß die Länge der Kamera nur etwa ein Drittel der Objektivbrennweite ausmacht. Natürlich ist bei dieser

Anordnung nur eine Brennweite möglich. (Über das „Telephot“ von Vautier-Dufours s. Eders Jahrb. f. Phot. 1903. S. 335; 1904. S. 261; 1907. S. 256.)

Teleobjektive lassen sich für Projektionen verwenden. Sie besitzen im Vergleich mit den gewöhnlichen Objektiven einen kurzen Kameraauszug und langen Objektabstand. Ersetzt man ein gewöhnliches Projektionsobjektiv durch ein Teleobjektiv und ordnet dasselbe umgekehrt wie sonst an (d. h. das positive Vorderglied dem Diapositiv zugekehrt), so resultiert Lichtgewinn, der z. B. beim Bis-Telar mehr als die doppelte Helligkeit beträgt (Martin, Eders Jahrb. f. Phot. 1908. S. 47).

Auf dem internationalen photographischen Kongreß in Paris 1900 wurde die Bezeichnung „Objectif megagraphique“, was man deutsch etwa durch „Großzeichner“ wiedergeben könnte, vorgeschlagen (Kongreßprotokoll, Paris 1901, Seite 110). Diese Bezeichnung enthält nicht die in dem Wort Teleobjektiv liegende Beschränkung als ob diese Objektive nur bei sehr weit entfernten Objekten angewendet werden könnten.

ELFTES KAPITEL.

SPIEGELOBJEKTIVE.

Es war Porta schon vor 300 Jahren bekannt, daß das Linsensystem der Kamera durch Hohlspiegel zu ersetzen sei, und dies führte nach der Erfindung der Daguerreotypie zu mehrfachen Versuchen, diese Änderung einzuführen.

Im allgemeinen sind dieselben Erwägungen maßgebend, wie bei der Konstruktion der Spiegelteleskope;¹⁾ folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Größe des Lichtverlustes bei der Reflexion des Lichtes von Spiegeln aus verschiedenem Materiale, verglichen mit dem Lichtverlust in Linsenobjektiven:

Gegenstand	Helligkeit	Lichtverlust
	in Prozenten	
Direktes Licht	100,00	0,0
Silberspiegel	91,08	8,9
Glasspiegel mit Quecksilberbelag	76,50	23,5
Metallspiegel	67,18	32,8
Objektiv $\frac{34''}{42''}$ (Fraunhofer)	76,00	24,0
Objektiv $\frac{21''}{21''}$ (Steinheil)	86,67	13,3
Crownglasprisma 50'' Öffnung	77,00	23,0

Hieraus ist ersichtlich, daß auf solche Weise hergestellte Silber-
spiegel mehr Licht reflektieren als rechtwinklige Glasprismen und daß
sie bei doppelter Reflexion noch mehr Licht haben als ein Fraun-
hofersches Objektiv, endlich, daß sie nach drei Reflexionen noch
mehr Licht besitzen als Metallspiegel nach einmaliger Reflexion. Man
kann sonach, nach Steinheil, durch Anwendung von Silberspiegeln

1) S. Klein, Zentralzeitung für Optik u. Mechanik. 1881. Bd. 2, Heft 17 u. 18.

Reflexionsinstrumente erhalten, die unseren Achromaten an Helligkeit bei gleicher Öffnung voraus sind.

Polierte Silberspiegel (Stokes), sowie chemisch versilbertes Glas (Cornu) reflektieren nur die weniger brechbaren Strahlen, löschen aber die ultravioletten aus (resp. lassen sie hindurch). Eine stark versilberte, für das Auge undurchsichtige Platte von Bergkristall oder reinstem Glas läßt aber den größten Teil der ultravioletten Strahlen durch. Man hat somit ein ausschließlich für dunkle Strahlen durchlässiges Lichtfilter, das man zum Photographieren benutzen kann, selbst wenn kein Strahl sichtbaren Lichtes zugegen ist (de Chardonnet).¹⁾ In dieser Weise kann man Photographien von Gegenständen erhalten, die von unsichtbarem Lichte beleuchtet werden. — Spiegel mit Versilberung sind für Strahlen von der Wellenlänge 320 mm so gut wie durchsichtig.

Platin gibt in Schichten, selbst wenn sie durchsichtig erscheinen, einen ausgezeichneten Spiegel für ultraviolette Strahlen ab (Cornu).

Beard verwendete (1841) zu photographischen Zwecken statt der Linsen einen Hohlspiegel von 7 Zoll Öffnung und 12 Zoll Brennweite, der, in einem passenden Kasten an der Rückseite befestigt, mit der

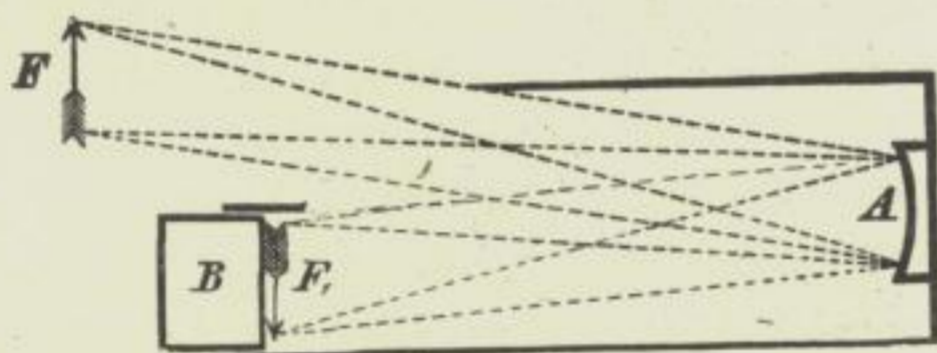


Fig. 173. Drapers Kamera mit Spiegelobjektiv.

Spiegelfläche gegen das Objekt gekehrt war und so in der Vereinigungsweite der Strahlen ein Bild von demselben entwarf.²⁾ Auch Lechi³⁾ und Draper⁴⁾ ließen das Linsenobjektiv weg und reflektierten das Bild durch einen elliptischen Spiegel auf die Platte.

Fig. 173 zeigt die Drapersche Kamera mit Spiegelobjektiv. Der Hohlspiegel *A* befindet sich in einem Kasten; das Bild des Gegenstandes *F* fällt in die Kamera, wird nach *F*, geworfen, woselbst bei *B* die empfindliche Platte sich befindet.

Zenger in Prag kam 1875 wieder auf die Spiegelobjektive zurück. Er wendete versilberte Glasspiegel von einer zur Öffnung verhältnismäßig großen Brennweite zum Photographieren an, um folgende Vorteile zu erzielen: 1. Vollkommeneren Achromatismus der Bilder, indem die Farbenzerstreuung gänzlich wegfällt. 2. Reduktion der Abweichung wegen der

1) Compt. rend. Bd. 94, S. 1171. Naturforscher. 1882. S. 209.

2) Dinglers Journ. 1841. Bd. 79, S. 229. Beard nahm auf seine Erfindung sogar ein Privilegium (Repertory of Patent-Inventions. März 1841. S. 137).

3) Schmidt, Handbuch der Photographie. 1852. S. 15.

4) Snellings Dictionary of the photogr. art. 1854. S. 207.

Form auf ein Minimum. Bei Landschaftsaufnahmen ist für gleiche Öffnung und Brennweite die sphärische Abweichung nahezu 9mal kleiner für einen Hohlspiegel als für eine Linse. 3. Absolutes Zusammenfallen des optischen und chemischen Brennpunktes des Spiegels. — Auch ist die Absorption der chemisch wirksamen Strahlen geringer als bei Glaslinsen. Zenger hielt namentlich eine Kombination von einem Konkavspiegel mit einem Konvexspiegel für vortrefflich geeignet zur Vergrößerung photographischer Aufnahmen und für Astrophotographie und sie sollte bessere Dienste leisten als ein äquivalentes Linsensystem.¹⁾ Honickel²⁾ fand aber die Leistung der Zengerschen Objektive nichts weniger als tadellos.

Spiegelfernrohre zu astrophotographischen Zwecken werden neuerdings von M. Wolf in Heidelberg empfohlen, da sie bei kürzerer Belichtung unvergleichlich klarere Bilder als die Refraktoren geben (Jahrb. f. Phot. 1908. S. 365). Man benützt versilberte Glashohlspiegel von großer relativer Öffnung ($f/1,54$ bis $f/6$), deren sphärische Gestalt man durch Nachbearbeiten der Randteile einer parabolischen Krümmung anzunähern sucht. Da der Lichtverlust durch Absorption bei den Spiegeln nicht vorhanden ist, die sphärische Abweichung und die Farbenzerstreuung wegfallen, so können schon mit kleinen Instrumenten Sterne, Nebelflecken usw. aufgenommen werden, die früher nur mit großen Refraktoren sichtbar wurden. Der Hauptnachteil der Spiegel ist ihr allzu enges scharfes Bildfeld. Sterne, die nur wenig aus der Achse stehen, werden nicht als Punkte, sondern infolge des „Comafehlers“ birnförmig abgebildet (Eders Jahrb. f. Phot. 1907. S. 118 und 256).

Die Photographie mit Spiegeln brachte für die praktische Photographie, abgesehen von den rein physikalischen Methoden, wenig Nutzen mit sich, insbesondere wegen der Schwierigkeit beim Einstellen und der Unmöglichkeit auf großen Platten zu operieren, ohne den Spiegel enorm zu vergrößern.

Für spezielle wissenschaftliche Zwecke versuchte Prof. Dr. E. Mach in Prag mit bestem Erfolge einen großen sphärischen Konkavspiegel (aus versilbertem Glas) für Photographien abgeschossener Projektile und der dabei entstehenden Luftwellen nach der Schlierenmethode. Das von dem Krümmungsmittelpunkt C , Fig. 174, ausgehende Licht wird wieder sehr genau in den Krümmungsmittelpunkt zurückgeworfen. Für diesen Fall ist das optische System sehr vollkommen. Rückt der

1) Phot. Archiv. 1875. S. 99; aus Sitzungsbericht der böhmisch. Gesellsch. der Wissensch. zu Prag vom 3. Juli 1874.

2) Phot. Corresp. 1879. S. 165.

leuchtende Punkt A um das mäßige Stück CA aus der Achse, so sammelt sich das Licht noch mit hinreichender Genauigkeit in B , wobei $CB = CA$. Das in Wirklichkeit stets ausgedehnte Bild B vor der photographischen Kammer kann man nun zur Hälfte abblenden, ohne ein ungleichmäßiges Feld zu erhalten. In einem Fall war $SS' = AB = 16$ cm, $CO = 3$ m. Das auf Schlieren zu untersuchende Objekt wurde nach MN gebracht, so daß noch immer die Hälfte der Spiegelöffnung als Gesichtsfeld zu Gebote stand, ohne daß das Licht zweimal durch dasselbe Objekt ging, wodurch sich störende Doppelbilder ergeben hätten. Die Photographien gelangen auf diese Weise vorzüglich.

Die Anordnung des Schlierenapparates kann auch zur Untersuchung der Körper auf Doppelbrechung angewendet werden, wenn

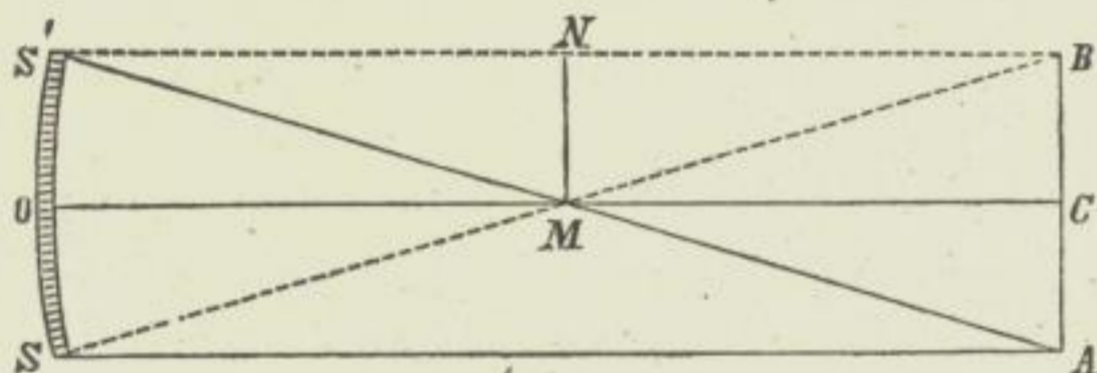


Fig. 174.

man das auf den Kopf fallende Licht durch ein Nicol schickt und vor den Kopf der photographischen Kammer statt der Blende ein zu ersterem gekreuztes Nicol stellt. Auch in diesem Falle bietet der Spiegel bedeutende Vorteile vor einem dioptrischen System. Unter den Prof. Mach zur Verfügung stehenden Objektiven fand derselbe keines ohne Doppelbrechung; alle zeigten zwischen gekreuzten Nikols ein dunkles Kreuz auf hellem Grunde. Läßt man jedoch das auf den Spiegel fallende Licht bei A und B durch gekreuzte Nikols gehen, so ist das Gesichtsfeld sehr schön gleichmäßig dunkel und ein in passender Orientierung nach MN gebrachter doppeltbrechender Körper tritt leuchtend auf dunklem Grunde hervor (Eders Jahrbuch f. Photographie für 1890. S. 108).

A. Popowitzky in St. Petersburg konstruierte eine Spiegelkamera (ohne Glasobjektiv). Das Bild wird mittels eines sphärischen Spiegels erzeugt (Phot. Korresp. 1903. S. 477). Das allzu geringe Bildfeld macht aber die Verwendung solcher Hohlspiegel in der praktischen Photographie illusorisch; nur in dem einzigen Spezialfall der Astrophotographie erweisen sich solche Reflektoren nützlich (Jahrb. f. Phot. 1905. S. 257).

ZWÖLFTES KAPITEL.

SPIEGEL UND PRISMEN. — SCHWARZE SPIEGEL ZUR WOLKENPHOTOGRAPHIE.

Gewisse photographische Prozesse verlangen, daß das Bild in der Kamera seitenrichtig erscheint.

Dies ist z. B. bei der Daguerreotypie und dem Lichtdrucke der Fall. Anfangs stellte man einfach einen Spiegel unter einem Winkel von 45 Grad vor das Objektiv. Dies brachte aber manche Unzukömmlichkeiten mit sich.

Trotzdem wurden Glasspiegel noch bis in die fünfziger Jahre zum Umkehren der Bilder verwendet und verschwanden erst nach und nach.

Glasspiegel geben außerdem für alle schräg auffallenden Strahlen ein sehr deutliches Bild von der Vorderfläche des Glases, welches zuletzt sogar das hellere Bild wird.

Korrekte Reflexionsbilder geben aber nur Glasspiegel, welche auf der Vorderseite versilbert sind, so daß die Silberschicht unmittelbar reflektiert. Diese Spiegel besitzen aber nicht das Reflexionsvermögen von Prismen und sind von geringer Haltbarkeit (Bräunen durch Schwefelwasserstoff, leicht mechanisch verletzbar, vergl. Jahrb. f. Phot. 1906. S. 299). Deshalb ging man vor 50 Jahren zu Reflexionsprismen über (s. unten). Um das Jahr 1897 änderte sich die Sachlage, als Mach das haltbare und vorzüglich reflektierende Magnaliummetall (Legierung von Magnesium und Aluminium) entdeckt hatte und C. A. F. Kahlbaum in Berlin (SO. Schlesische Straße 35) Spiegel aus ähnlicher Metalllegierung erzeugte (1902); diese sind höchst politurfähig, reflektieren vorzüglich und sind gegen atmosphärischen Einfluß, selbst Schwefelwasserstoff, enorm widerstandsfähig. Sie geben selbst bei voller Öffnung der Objektive scharfe und klare Bilder, welche frei von der bei Prismen mitunter auftretenden doppelten Reflexion (s. unten) sind. Namentlich bei größeren Formaten, wie sie in Reproduktionsanstalten (Autotypie) erforderlich sind, erweisen sich die Spiegel sehr verwendbar und sind

wesentlich wohlfeiler als Umkehrungsprismen. Deshalb finden solche Metallspiegel vielfach Anwendung in der photographischen Reproduktionstechnik (Jahrb. f. Phot. 1903. S. 219 und 342; 1906. S. 298; 1907. S. 64). Man reinigt solche Spiegel mit einem in Alkohol getauchten Rehleder und putzt trocken nach.

Zeigt sich, daß, während die Mitte scharf eingestellt ist, die verschiedenen Ränder ungleich scharf erscheinen, so ist der Fehler entweder darin zu suchen, daß das Objekt, oder das Objektivbrett, oder die matte Scheibe nicht senkrecht ist, oder daß die Längenseite der Kamera nicht gehörig mit dem Staffeleibrette parallel steht, oder daß die Kamera nicht gehörig horizontal steht.

Die Firma Falz & Werner in Leipzig montiert die Metallspiegel in Holzkästchen ähnlich wie Talbot. Die Einstellung des Spiegels wird ein für allemal mittels Stellschrauben (s. Fig. 176) bewirkt (Jahrb. f. Phot.

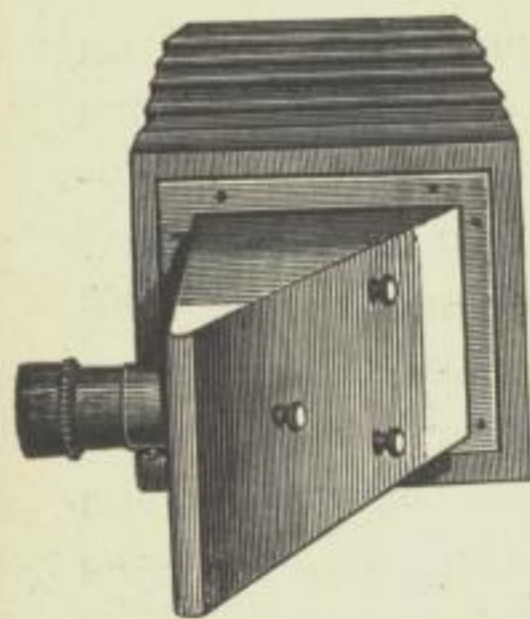


Fig. 175.
Talbots Negativumkehrungsapparat.

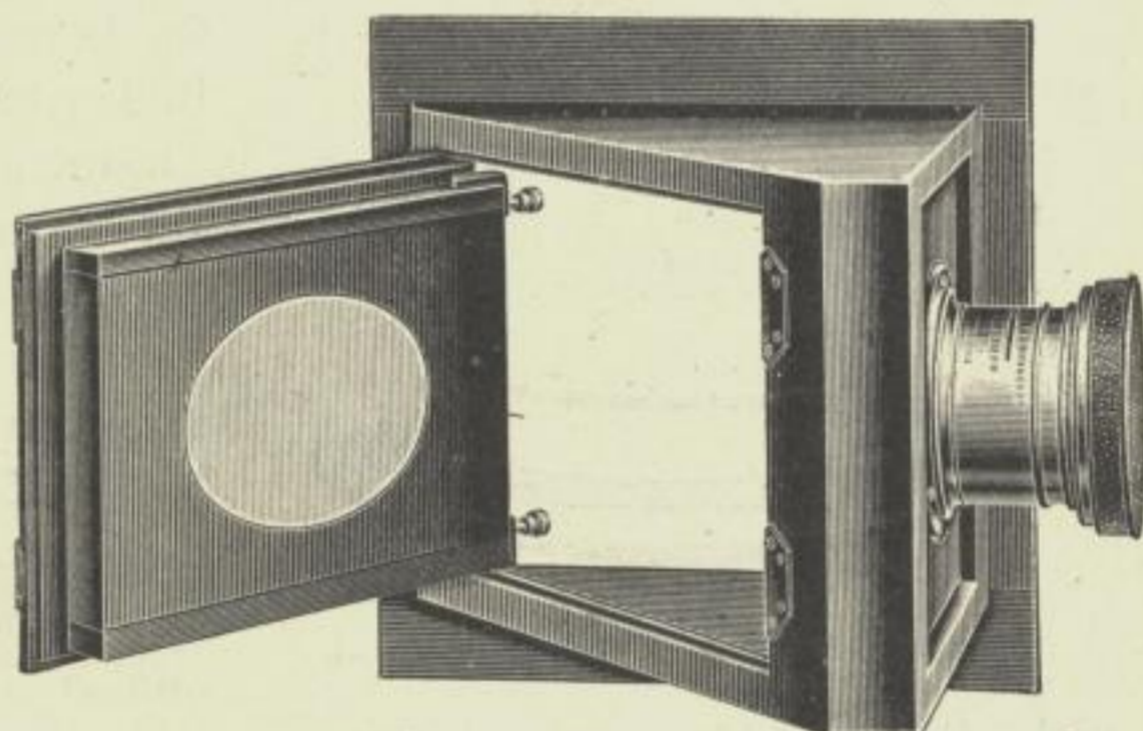


Fig. 176.

1903. S. 253 und 343). Solche Umkehrungsspiegel haben sich an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien und an andern Orten sehr bewährt.

Die Einführung rechtwinkliger, total-reflektierender, achromatischer Glasprismen legte bereits Cauche am 11. November 1839 der Pariser Akademie der Wissenschaften vor, welche vor den gewöhnlichen Glasspiegeln den Vorzug der größeren Bildschärfe hatten.

Besser noch sind Glasprismen mit versilberter oder mit Quecksilberamalgam belegter Hypotenuse, welche zuerst Ch. Chevalier im Jahre 1841¹⁾ einführte. Später zog man vor, die Hypotenuse zu versilbern. Die Vorzüge der Prismen erkannte man in der photographischen Praxis

1) Bull. de la Soc. d'encouragement. 1841. S. 467; Acad. des Sciences. 26. Juli 1841.

bald.¹⁾ Fig. 177 zeigt eine einfache Linse, welche mit einem Prisma *C* verbunden ist, in jener Zusammenstellung, welche zur Zeit der Daguerreotypie üblich war. Bei *D* konnte der Apparat geöffnet und geschlossen werden.

Romain Talbot in Berlin ließ „Negativumkehrungsapparate“ ähnlicher Konstruktion mit Prisma, dessen Hypotenusenfläche im Innern aus einem Spiegel besteht, anfertigen²⁾, deren Form Fig. 175 zeigt.

Die drei sichtbaren Schraubchen dienen zur Regulierung der Stellung des Prismas. Die Stellung desselben ist eine richtige, sobald das durch das Objektiv erzeugte Lichtbild auf der Visierscheibe vollständig kreisrund ist.

Glasprismen, welche durch totale Reflexion (also nicht als Spiegel und ohne versilberte Hypotenuse) wirken, sind zur Umkehrung des

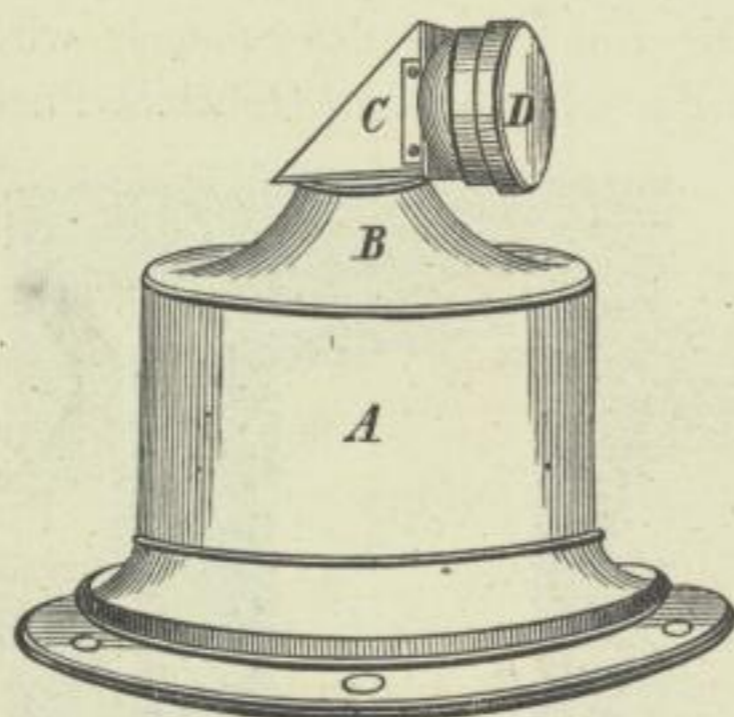


Fig. 177.

Daguerreotypapparat mit Umkehrungsprisma.

photographischen Bildes unbrauchbar, weil das Prisma im Verhältnis zum Objektiv eine ganz kolossale Größe haben müßte und ferner das Bild sehr ungleichmäßig hell im Apparat erschiene.³⁾ Deshalb finden die Prismen mit versilberter Hypotenuse allgemein Anwendung.

Die Größe der wirksamen Öffnung, die man einem Prisma lassen darf, ändert sich mit dem Winkel des benützten Gesichtsfeldes, wenn stets das falsche Licht ausgeschlossen werden soll.⁴⁾ Mit der Zunahme

des Gesichtsfeldes wird die Anwendung der Prismen immer ungünstiger. Vorteilhaft in dieser Beziehung ist jedoch der Umstand, daß für Reproduktion, für welche hauptsächlich die Prismen angewendet werden, ein großes Gesichtsfeld nicht nötig ist, da die Größe der Blätter auch bei kleinerem Gesichtsfelde durch Anwendung eines Apparates mit längerer Brennweite erzielt werden kann.

Das Reflexionsprisma oder Umkehrungsprisma ist rechtwinkelig; der eine Winkel ist nämlich 90 Grad, die beiden andern 45 Grad.

1) Valicourt, Nouveau manuel complet de photographie. 1851. S. 13. Vergl. Cauche, Compt. rend. (der Pariser Akademie vorgelegt am 11. November 1879).

2) Schnauss, Photogr. Lexikon. 1881. S. 374.

3) Stolze, Phot. Wochenbl. 1881. S. 81.

4) Ein Teil des Lichtes kann unter Umständen von dem Umkehrungsprisma doppelt reflektiert werden und trübt dann das Bild. Es entstehen am Rande falsche Reflexbilder, namentlich bei größerer relativer Objektivöffnung und ausgedehntem Bildwinkel. Hierauf machte A. Steinheil zuerst 1871 (Phot. Mitt.) aufmerksam und W. Zschokke führte dies weiter aus (Jahrb. f. Phot. 1907. S. 64).

Fig. 178 zeigt die Stellung des Prismas am Apparat. AB ist die Visierscheibe, ghi das Prisma, XZ der aufzunehmende Gegenstand. Die Kamera muß meistens einen nach der Größe des Gegenstandes verschieden langen Vorbau $lmno$ erhalten, damit die vordere Ecke der Kamera D nicht in die Bildfläche gerät, wie man auf der Zeichnung sehen kann. Die äußersten Lichtstrahlen uA und uB müssen gleichfalls noch ungestört ins Objektiv und auf die Visierscheibe gelangen können.¹⁾

Um das Parallelstellen der ersten Prismenfläche mit dem Objekte zu erleichtern, wird meistens dem Prisma eine Drehvorrichtung bei-

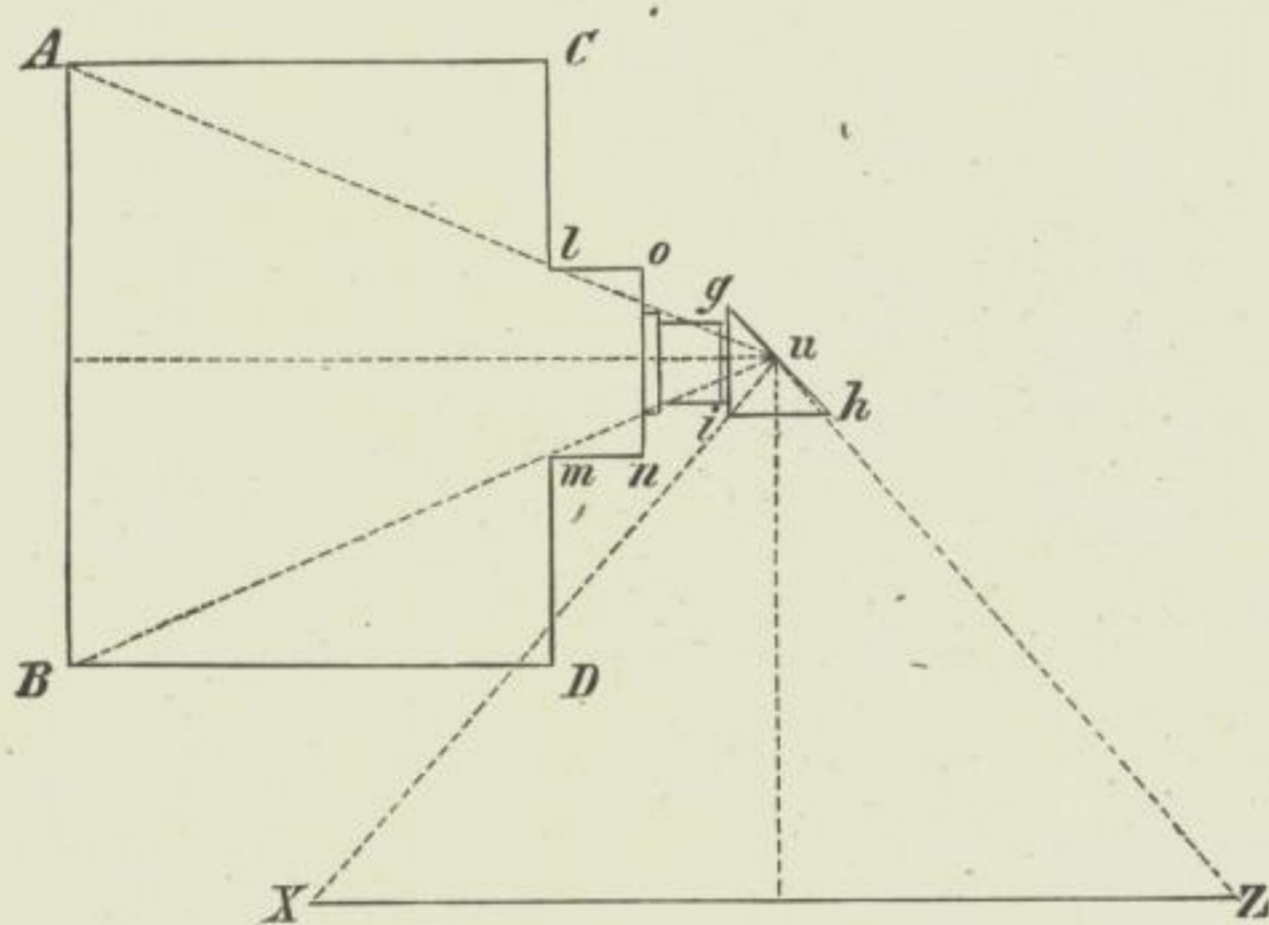


Fig. 178. Reflexionsprisma.

gegeben, welche gestattet, das Objektiv mit dem Prisma um seine Achse zu drehen und in jeder Lage festzuklemmen.

Fig. 180 zeigt ein Steinheilsches Umkehrungsprisma mit Drehvorrichtung.

Für die Anwendung eines Umkehrungsprismas sind Apparate mit kleinen Linsen, wie die Steinheilschen Landschafts- oder Weitwinkelaplanate, besonders geeignet, sobald sie, wie die letzteren, korrekte Bilder von großem Format geben.

Seit 1891 gibt Dr. Steinheil seinem Landschaftsobjektiv-Einsatz ein Umkehrungsprisma bei, welches sich unmittelbar am Objektivbrett befindet, während an der Außenseite, ähnlich wie in Fig. 175 angedeutet ist, sich die verschiedenen Objektive befestigen lassen.

1) Schnauss, Photogr. Lexikon. 1881. Husnik, Phot. Corresp. 1880. S. 15.

H. Calmels & Clerc bevorzugen die Anordnung des Prismas hinter dem Objektiv, während das Umkehrungsprisma in einem Gehäuse direkt an der Kamera angebracht ist und das Objektiv außen sich befindet (Jahrb. f. Phot. 1906. S. 298).

Die richtige Größe der Umkehrungsprismen ist aus der umstehenden Tabelle von Steinheil zu entnehmen.

In der Tabelle, welche für Prismen aus einem sehr weißen Crown-gläse gerechnet ist, wurde die wirksame Öffnung des Objectives zu 10 mm angenommen und sind die Öffnungen der Kathetenflächen angegeben, welche für die voranstehenden Gesichtsfeldwinkel notwendig

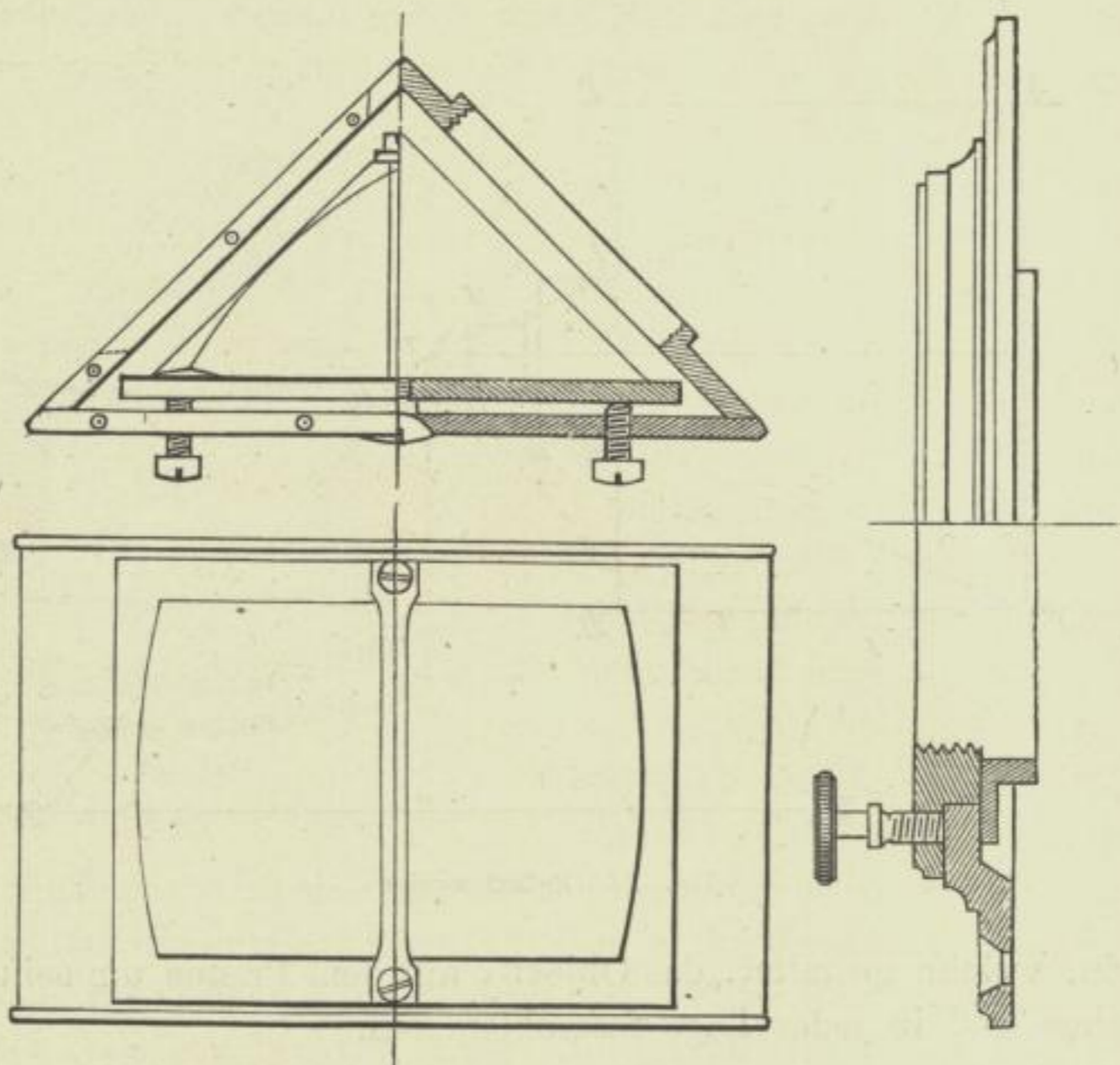


Fig. 179. Steinheilsches Umkehrungsprisma mit Drehvorrichtung.

sind. Hat man bei einem Objective eine andere wirksame Öffnung, so muß mit demselben Faktor, welcher diese auf 10 bringt, die in der Tabelle angegebene notwendige Öffnung der Kathetenfläche multipliziert werden, um die geringste Größe des Prismas zu finden, welches im gegebenen Falle angewandt werden kann. Größere Prismen sind anwendbar, kleinere nicht, weil bei diesen durch zweimalige Spiegelungen im Prisma falsche Bilder entstehen, deren Licht gegen die matte Platte geht und die Randpartien des Bildes decken wird.

Das Reflexionsprisma kann auch im Innern des Objectivs selbst (zwischen Vorder- und Hinterlinse) angebracht werden. Das als Linsenfassung dienende Rohr ist dann gebrochen. Die Prismen können dann

Gesichtsfeldwinkel der Aufnahme	Wirksame Öffnung der Kathetenfläche für 10 mm wirksamer Objektiv-Öffnung	Gesichtsfeldwinkel der Aufnahme	Wirksame Öffnung der Kathetenfläche für 10 mm wirksamer Objektiv-Öffnung	Gesichtsfeldwinkel der Aufnahme	Wirksame Öffnung der Kathetenfläche für 10 mm wirksamer Objektiv-Öffnung
2°	10,23	32°	15,72	62°	34,45
4°	10,47	34°	16,31	64°	37,45
6°	10,73	36°	16,94	66°	41,02
8°	11,00	38°	17,62	68°	45,33
10°	11,28	40°	18,37	70°	50,67
12°	11,58	42°	19,18	72°	57,43
14°	11,89	44°	20,06	74°	66,26
16°	12,22	46°	21,04	76°	78,31
18°	12,57	48°	22,11	78°	95,68
20°	12,94	50°	23,30	80°	122,92
22°	13,33	52°	24,62	82°	171,70
24°	13,75	54°	26,11	84°	284,49
26°	14,19	56°	27,79	86°	822,91
28°	14,67	58°	29,70	87° 3' 18"	∞
30°	15,17	60°	31,90		

sehr kleine Dimensionen haben (Stolze), aber nicht mit jedem Objektiv verwendet werden. (Vergl. Jahrb. f. Phot. 1896. S. 363.)

Über die Verwendung von keilförmigen Prismen zwischen der Vorder- und Hinterlinse eines Doppelobjektivs behufs Erzeugung von ein, zwei oder drei photographischen Bildern s. Jahrb. f. Phot. 1906. S. 124.

Wenn man mit Spiegeln oder Prismen arbeitet, darf man nicht vergessen, daß die Exposition länger genommen werden muß, als ohne dieselben. Darauf ist schon in den ältesten Handbüchern der Photographie aufmerksam gemacht und der Unterschied auf ungefähr $\frac{1}{3}$ zu schätzen.

Die vielen Vorsichtsmaßregeln, welche man bei der Anwendung der Umkehrungsprismen einzuhalten gezwungen ist, sowie die Unmöglichkeit, das Prisma an jedem, insbesondere an großen Objektiven anzubringen, ist die Ursache, daß Viele verkehrte Negative lieber durch Exposition der empfindlichen Platten durchs Glas hindurch herzustellen vorziehen.

Große Spiegel (Ankleidespiegel) lassen sich beim Photographieren kleiner Interieurs vorteilhaft verwenden. Ist die Aufstelldistanz der Kamera zu kurz, so photographiert man das Objekt mittels eines Spiegels, gegen welchen man die Kamera richtet. Die Effekte sind hübscher als mittels Weitwinkellinsen (Heinrich Keßler, Phot. Korresp. 1900; Jahrb. f. Phot. 1901. S. 495. Später behandelt Lambert in „The Amateur Photographer“ [1903. S. 146] dasselbe Thema, unter Verschweigung der Priorität Prof. Keßlers in Wien).

Stellt man zwei Planspiegel im Winkel von 45° auf und stellt eine Person entsprechend auf, so lassen sich vielfache Bilder mit einer Aufnahme herstellen (Jahrb. f. Phot. 1895. S. 365).

„Anamorphe“ werden unregelmäßig verzerrte Spiegelbilder genannt. Man erhält sie mit zylindrischen oder unregelmäßig geformten sphärischen Spiegeln. Chrétien rekonstruiert derartige Anamorphe durch Anbringung eines kleinen polierten Metallkonus im Zentrum des Bildes und kommt dabei zu eigentümlichen optischen Effekten (Jahrb. f. Phot. 1905. S. 256).

Spiegel aus schwarzem Glas eignen sich zur Photographie von Wolken. Zufolge der Polarisationsphänomene des Lichtes erscheinen die Wolken am Himmel viel deutlicher in einem schwarzen Glasspiegel als bei direkter Wolkenphotographie (Clayden; Riggerbach; Meydenbauer; Jahrb. f. Phot. 1892. S. 320; 1893. S. 385). Ähnlich wirken Nikolsche Kalkspatprismen. Die Verwendung schwarzer Spiegel zur Besichtigung von Landschaften usw. empfiehlt A. Peltz in einer Verwendung als eine Art Sucher; er bestreicht hohlgeschliffenes Glas rückwärts mit Asphaltlack (Jahrb. f. Phot. 1907. S. 255).

DREIZEHNTES KAPITEL.

DIE DIAPHRAGMEN ODER BLÉNDEN DER OBJEKTIVE. — ANGABE DER RELATIVEN BELICHTUNGSZEITEN AN DEN BLENDEN.

I. Allgemeine Bemerkungen über die Wirkung der Blenden.

Man versteht unter Blenden oder Diaphragmen der Linsen durchbrochene Schirme, welche zumeist den Zweck haben, den Durchmesser des Lichtbüschels in der Achse zu begrenzen und für ein ausgedehnteres Bild gleichmäßige Helligkeit und Schärfe zu erzielen. Die Blenden befinden sich je nach der Objektivkonstruktion vor, hinter oder zwischen den Linsen. Mit Hilfe der Blenden lassen sich gewisse Linsenfehler, welche hauptsächlich von der Öffnung abhängig sind, vermindern.

Durch die Einschaltung von Zentralblenden, welche die Öffnung des Objektivs vermindern, wird erzielt:

1. daß die Tiefe der Schärfe im Bilde bedeutend zunimmt, wodurch dann manche Fehler vermindert werden (Kugelgestaltsfehler, Koma) oder weniger in die Erscheinung treten (Astigmatismus);
2. daß die Lichtverteilung im Bilde eine gleichmäßigere ist;¹⁾
3. gleichzeitig nimmt aber infolge der Verminderung der wirksamen Öffnung der Linsenflächen durch die Einführung von Zentralblenden die Helligkeit des Bildes in der Kamera ab und ist verkehrt proportional dem Quadrate des Blendendurchmessers (s. u.).

Bei nicht aplanatischen Objektiven, welche Kugelgestaltsfehler zeigen, vereinigen sich die Randstrahlen und Zentralstrahlen nicht zu demselben Brennpunkte und deshalb geben solche Linsen (wie die einfache Landschaftslinse, das Periskop, das Kugelobjektiv, das Buschsche Pantoskop) mit voller Öffnung verwaschene

1) S. Dr. Stolze, Jahrbuch f. Photographie für 1890. IV. Jahrgang. Seite 266.
Eder, Handb. d. Photogr. I. Teil. 2. Hälfte. 3. Aufl.

Bilder.¹⁾ Schneidet man durch eine Blende die Randstrahlen des Büschels ab, so erhält man ein schärferes Bild, dessen Ausdehnung wegen der Vergrößerung der Tiefe um so größer wird, je kleiner die Blende ist. Aus dem gleichen Grunde erhöht sich durch die Anwendung kleiner Blenden aber auch bei den aplanatischen Objektiven die Schärfe des Bildfeldes über eine größere Fläche. Diesen Vorteilen der Abblendung stehen als Nachteile gegenüber die wegen der verminderten Helligkeit notwendige Verlängerung der Exposition und der Verlust des Bildes an Plastik.

Außer dem Lichtverlust tritt bei der Wahl allzu kleiner Blenden noch eine andere Unannehmlichkeit ein, welche man nur zu oft nicht beachtet. Wenn die Öffnung auf ihr Minimum verringert wird, so verliert das Bild viel von seinem Relief (Plastik). Das Bild erhält weniger Kraft, weniger Relief, die verschiedenen Partien des Bildes im Vorder- und Hintergrunde sind gleichmäßig scharf und die Effekte der Distanz verschwinden. Die Gegenstände scheinen zusammengedrückt und das Bild sieht eher aus wie eine Art Landkarte als wie ein Gemälde, welches ein gewisses Relief und Perspektive haben soll. Bei Landschaftsaufnahmen usw. schadet allzu kleine Blendung dem künstlerischen Effekte, während bei Reproduktion von Zeichnungen usw. die Deutlichkeit durch Beugung des Lichtes leidet.

Verkleinert man die Blenden unter eine gewisse Minimalgrenze, welche bei-
läufig bei $\frac{f}{100}$ bis $\frac{f}{120}$ liegt²⁾, so treten Beugungserscheinungen ein, welche das Bild unscharf machen.

Besonders wenn es sich um Reproduktion von Strichsachen handelt, erzielt man mit sehr kleinen Blenden keine guten Resultate; die neuen Reproduktionsobjektive, welche bei großer Öffnung ein ausgedehntes scharfes Bildfeld liefern, bieten deshalb wesentliche Vorteile.

II. Form und Konstruktion der Blenden.

Die Form und Konstruktion der Blenden ist verschieden. Alle sollen jedoch fein abgeschärfte Ränder haben und gut geschwärzt sein, damit sie nicht zu falschen Lichtreflexen Veranlassung geben.

Während im Anfang die Form der Blende diejenige runder Scheibchen war, die genau in die Fassung paßten, wurden später die Schieber- oder Steckblenden eingeführt, welche durch einen Schlitz in der Fassung in das Objektiv eingeschoben werden können.

Solche Blenden wendete schon Archer 1853 an, sie wurden später besonders von Waterhouse empfohlen und auch häufig Water-

1) Bei Objektiven, bei welchen der Kugelgestaltsfehler nicht vollkommen beseitigt ist, ergibt sich aus der oben genannten Ursache mitunter die Erscheinung, daß die Brennweite mit der Blendengröße variiert. Bei Anwendung großer Blenden ist die Lage der Visierscheibe beim Einstellen etwas anders als bei kleinen Blenden. Gut korrigierte Objektive zeigen diesen Fehler nicht.

2) D. h. der Blendendurchmesser beträgt $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{120}$ des Fokus (f).

house-Blenden genannt. Im Jahre 1859 versah Voigtländer seine Porträtobjektive auch schon mit Steckblenden.

Diese Steckblenden werden häufig alle miteinander drehbar auf einen Stift gefaßt.

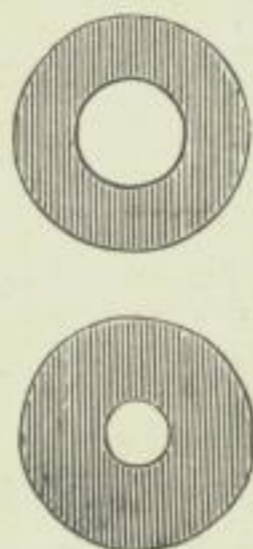


Fig. 180. Blenden.

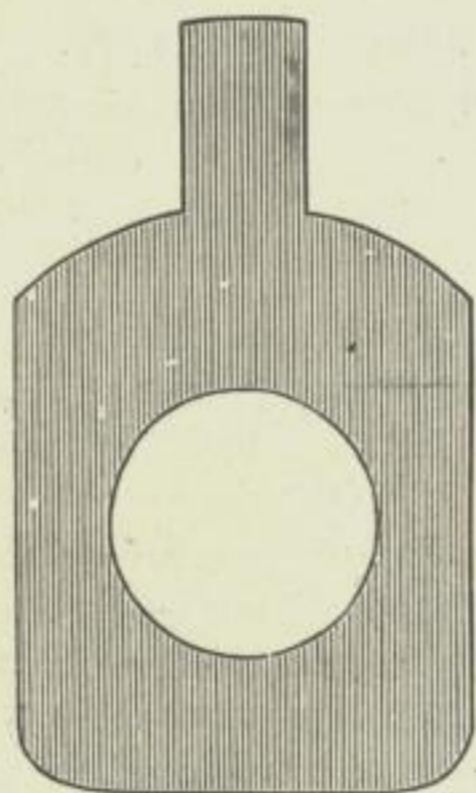


Fig. 181. Blende.

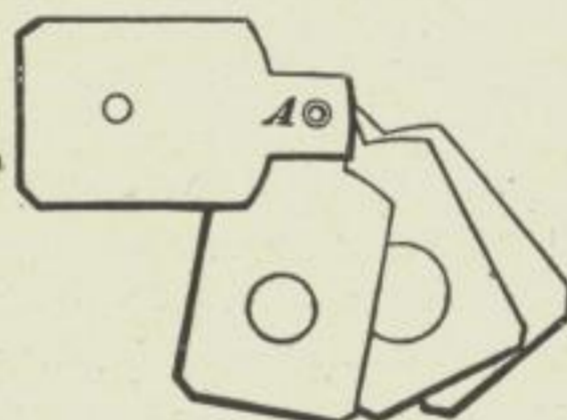


Fig. 182. Blenden.

Bei kleineren Objektiven findet die sogenannte Revolver- oder Rotationsblende Anwendung. Diese ist eine Scheibe mit kreisförmig angeordneten Blendenöffnungen, die sich um einen am Fassungsrand

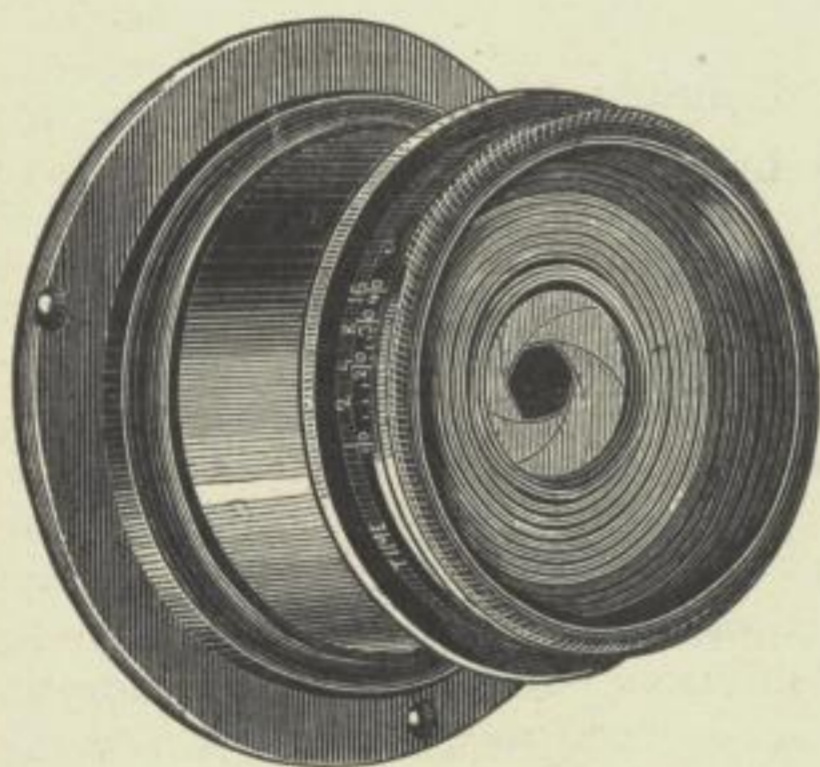


Fig. 183. Irisblende.

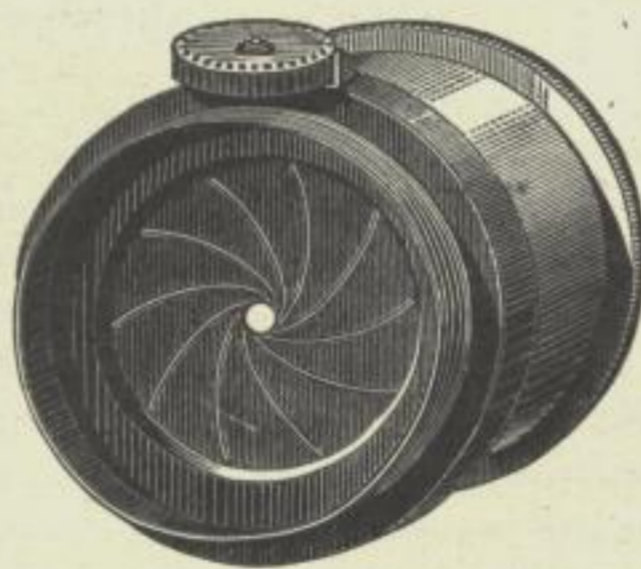


Fig. 184. Irisblende.

des Objectives liegenden Punkt dreht (siehe Fig. 43 S. 59). Weitaus die größte Verbreitung besitzt die Irisblende (siehe Fig. 183 und 184), bei welcher durch das Übereinandergleiten einer Reihe sichelförmiger Lamellen verschiedene Öffnungen hergestellt werden können. Während

die Scheiben- und Steckblenden aus Messingblech hergestellt werden, sind die Irisblenden aus Hartgummi oder Eisenblech. Doch werden die letzteren wegen ihrer größeren Widerstandsfähigkeit gegen Wärme bevorzugt.

Mit der ersten Art der Blenden (Scheibenblenden) waren nur die ersten photographischen Objektive ausgestattet, z. B. die Petzval und Voigtländerschen Porträtobjektive, doch wurden sie bald durch die Steckblenden verdrängt.

Rotationsblenden wendet zuerst Ch. Chevalier in Paris (1841) für photographische Objektive an.

Auch die Irisblende wurde von Charles Chevalier im Jahre 1840 der Pariser Société d'encouragement vorgelegt, ebenso empfahlen dieselbe Noton im Jahre 1856 (Phot. Journ. Soc. Lond. Bd. 3, S. 165) und Jamin (Bull. Soc. franç. 1857. S. 178), sowie Quinet (ibid. 1860. S. 31).

Wie J. Thomson in „Photo-Era“ nachweist, wurde eine Irisblende schon von Nicéphore Niepce im Jahre 1816 an einer Camera obscura angebracht. Letztere, ein ausziehbarer Holzkasten, trägt hinter der Linse die Irisblende und ist im Museum der Arbeiten Niepces in Gras bei Châlons aufbewahrt.¹⁾ Eine Abbildung hiervon findet sich in dem holländischen Werke „Leerboek der algemeene fotografie“ von W. H. Idzerda, III. Teil, S. 37 (Amsterdam 1909).

Wirklich eingebürgert hat sich die Irisblende erst am Ende der achtziger Jahre, wenn sie auch schon von einzelnen Optikern in der ersten Hälfte der sechziger Jahre gebraucht wurde. Steckblenden mit anderen als kreisförmigen Öffnungen oder mit mehreren Öffnungen gleichzeitig wurden zu den verschiedensten Zwecken vorgeschlagen. Wirklich im Gebrauch sind Blenden von nichtkreisförmigen Öffnungen nur bei Rasteraufnahmen.

III. Verschieden geformte Blenden für gewöhnliche photographische Zwecke.

Quinet sowie Bertsch versahen 1860 das Porträtobjektiv mit Blenden von rechtwinkliger Öffnung. Dieselben sollten eine viel größere Menge unnützes Licht abhalten. Die Gebrüder Diguey setzten dieses Diaphragma aus zwei Kupferplatten zusammen, welche einander genähert und übereinandergelegt werden konnten, wodurch die Blendenöffnung reguliert werden konnte; ein eingeteilter Nonius zeigte den jeweiligen Durchmesser des Diaphragmas an²⁾; eine ähnliche Konstruktion hatte übrigens schon Noton 1856 angegeben.³⁾ Die viereckigen Blenden sind für gewöhnliche photographische Zwecke nicht zu empfehlen, denn die Blenden sollen die Randstrahlen abschneiden und müssen deshalb stets kreisrund sein; die Randstrahlen geben nämlich stets ein etwas anders gelegenes Bild, als die zentralen. Deshalb sollen die Zentralblenden immer rund sein.

1) Phot. Corresp. 1907. S. 409.

2) Bulletin Soc. franç. Phot. 1860. Bd. 6, S. 29. Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1860. S. 38.

3) Journ. Phot. Soc. London. Bd. 3, S. 165. Kreutzer, Jahrber. f. Phot. 1856. S. 147.

Nichtkreisförmige Blenden versuchte Kerr für manche Zwecke der Kunstphotographen; eine schlitzförmige Blende (z. B. mit $f:30$ Breite und $f:5$ Länge) gibt alle horizontalen Linien im Bilde scharf, alle vertikalen verschwommen wieder, wenn der Schlitz horizontal steht, und wirkt umgekehrt, wenn der Schlitz vertikal steht. Wenn es sich darum handelt, bloß die horizontalen (Meeresstimmung) oder die vertikalen Linien (Waldbild) stärker zu betonen, kann diese Schärfendifferenzierung wertvoll sein. („Phot. Ind.“ 1906, S. 556; Jahrb. f. Phot. 1907. S. 253.)

Man hat auch Blenden mit zwei Öffnungen konstruiert, welche bewirken, daß auf der matten Scheibe ein Bild erscheint, welches beim unscharfen Einstellen verworren und doppelt ist, beim scharfen Einstellen aber ganz deutlich hervortritt und mit einfachen Konturen erscheint. Diese Blenden haben für gewöhnliche photographische Zwecke keinerlei Vorteile; nichts destoweniger wurden sie wiederholt angewendet¹⁾, weil man glaubte, dadurch in einem einzigen Bilde einen stereoskopischen Effekt zu bekommen, was aber irrtümlich ist.

Die Anwendung von Blenden mit doppelten Öffnungen zur angeblichen Erzielung stereoskopischer Effekte war schon am 15. September 1855 im Journal der Photogr. Society of Great Britain von Norman beschrieben.²⁾ Später wurde angegeben, daß mit einer solchen Blende die Sache nicht möglich sei, wenn man bloß eine Platte aufnimmt. Deckt man aber bei einer Aufnahme die linke Seite des Objectives bis auf $\frac{1}{4}$ zu, dann bei einer neuen Aufnahme die rechte Seite, so geben beide Bilder im Stereoskop-Apparat einen stereoskopischen Effekt.³⁾

C. H. Lehmann nahm sogar 1858 ein deutsches Patent auf Blenden mit zwei Öffnungen, welche Fig. 185 zeigt. Er erklärte als wesentlich, daß der Abstand dieser Öffnungen möglichst dem Abstand der beiden Pupillen des menschlichen Auges (ca. $6\frac{1}{2}$ cm) gleich sei. Dadurch sollte eine große Plastik, ähnlich wie bei Stereoskopbildern, erzeugt werden.⁴⁾

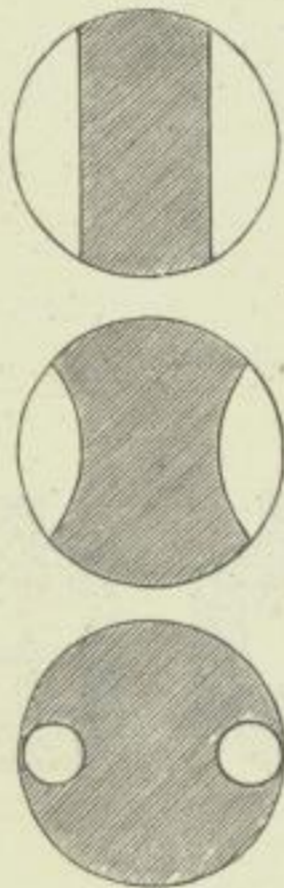


Fig. 185.
Lehmanns Blenden.

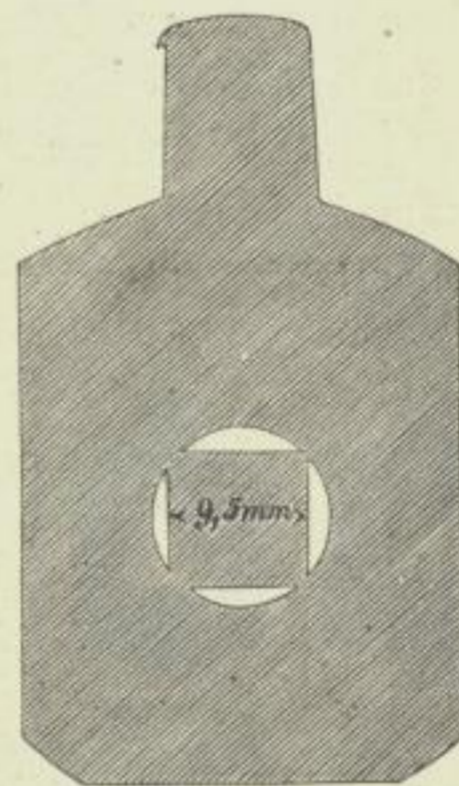


Fig. 186.
Glieses Blenden.

Gliese behauptet, Lehmanns Blenden durch eine Zentralblende mit vier Öffnungen und mehr übertreffen zu können.⁵⁾ Fig. 186 zeigt eine seiner Blenden.

Mitschell schlug vor, kleinere Blenden mit einem Ring kleiner Öffnungen zu umgeben, um sie lichtstärker zu machen, indem er behauptete, daß die Schärfe so gut wie gar nicht darunter leide.⁶⁾

- 1) An gewissen Stellen zeigen sich mitunter trotz aller Vorsicht Doppelkonturen.
- 2) Phot. Mitt. Bd. 15, S. 181.
- 3) Ebenda Bd. 7, S. 298; Bd. 15, S. 37.
- 4) Phot. Wochenbl. 1878. S. 286.
- 5) Ebenda S. 299.
- 6) Brit. Journ. Phot. 1881. S. 453. Phot. Wochenbl. 1881. S. 305.

Diese Angaben sind in sich haltlos und durch die Theorie durchaus widerlegt. Durch dieses Mittel kann ungefähr das erzielt werden, wie durch die Vertauschung der Blenden während der Exposition.¹⁾

Dr. Stolze empfahl schräge Zentralblenden mit elliptisch erweitertem Blendenschlitz; der Zweck ist die bessere Verteilung des Lichtes im Bildfelde, im selben Sinne wie dies bei Suttons „Wolkenblende“ der Fall ist (s. S. 206). Durch die seitliche elliptische Erweiterung wird eine günstigere Beleuchtung des Bildrandes erzielt; er selbst zog jedoch die Anwendung von Sternblenden vor.

IV. Spezialblenden für Autotypie.

Blendenformen für Reproduktionsobjektive für Zwecke der Autotypie.

Zur Herstellung von sog. Autotypen benötigt man Rasternegative, welche durch Vorschalten einer Kreuzrasterplatte vor die empfindliche Platte in der Kamera erzeugt werden.

Die Theorie und Praxis der Zerlegung des Halbtonbildes in Punkte und Striche beim Autotypieprozeß ergibt einen entscheidenden Einfluß der Größe und Form der Blenden, des Abstandes der Rasterplatte von der empfindlichen Platte usw.

Dadurch wird die Größe der Punkte, deren Zusammenfließen in den Lichtern, die Abstufung und die Übergänge von Licht und Schatten bedingt.

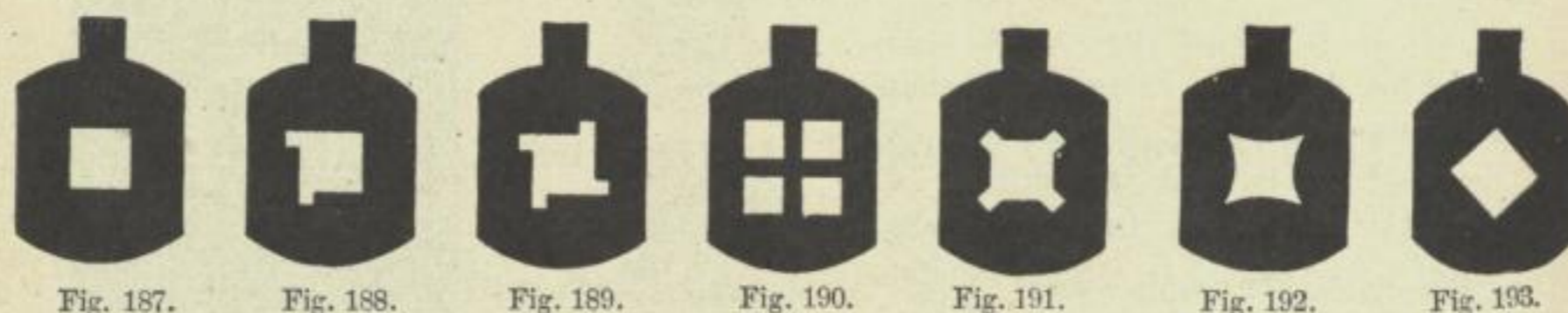


Fig. 187.

Fig. 188.

Fig. 189.

Fig. 190.

Fig. 191.

Fig. 192.

Fig. 193.

Autotypieblenden.

Von einem guten Rasternegativ verlangt man, daß in den mit den hellsten Partien des Originalen korrespondierenden Stellen die Rasterpunkte schachbrettartig angeordnet sind, d. h. die Punkte sollen als Quadrate erscheinen, welche einander mit den Ecken berühren.

Um diesen Effekt gut zu erhalten, wendet man sogenannte Formblenden an, wie sie die Fig. 187 bis 193 zeigen. Die Rasterpunkte nehmen ungefähr die Form der Blende an, jedoch immer etwas abgerundet, was auf Überstrahlung hinter der gedeckten Rasterlinie zurückzuführen sein dürfte. Die Form der Punkte in den Halbtönen und dunklen Partien ist ziemlich belanglos, in den helleren Partien jedoch sollen die Punkte

1) Phot. Wochenbl. 1881. S. 306.

einander berühren. Es wird also in diesen helleren Tönen eine ganz feine Verbindungsbrücke bestehen müssen, welche um so breiter und ausgesprochener sein muß, je mehr sich der Ton dem reinen Weiß nähert. Um nun diese Verbindung gut herzustellen, geht man von der runden Form der Blende ab und benutzt quadratische Blenden (s. Fig. 187). Andererseits hat man aber wieder damit zu rechnen, daß bei der Bewerksstellung dieser Verbindungsbrücke der Zwischenraum zwischen den Punkten nicht zu klein ausfällt, da in dem Falle auf der Metallkopie der kopierte Punkt zu klein ausfällt, was in bezug auf die Ätzfähigkeit einer solchen Kopie von ungünstigem Einfluß ist. Der kopierte Punkt erfährt durch den Ätzprozeß eine Verkleinerung seiner Oberflächen-dimensionen und würde von der Säure schließlich ganz weggeätzt sein, bevor noch die Punkte der Schattenpartien genügend durch Ätzung vertieft sind. Um also eine präzise Verbindung und genügend Zwischenraum zwischen den Punkten zu haben, verwendet man Blenden wie in den Fig. 192 und 191 dargestellt. Die Fig. 188, 189, 190 zeigen lediglich Variationen, empfohlen von Levy (Philadelphia, U. S. A.).

Fig. 193 stellt eine Blende vor in einer Stellung, wie dieselbe zu benutzen ist, wenn die Rasterliniatur wagrecht und senkrecht läuft (Farbendruck).

Solche spezielle, geformte Blenden, deren Öffnung von der Kreisform abweicht, nennt man „Formblenden“. Besitzen sie eine einzige Öffnung, so heißen sie „Monocularblenden“; ihr Mittelpunkt fällt mit der Achse des Objectives zusammen. Sie werden in der Regel mit quadratischer Öffnung hergestellt und die Diagonale nennt man die „Dimension“ der Monocularblende.

Häufig werden die Blenden während der Exposition gewechselt, d. h. man führt nacheinander während der Exposition Blenden von verschiedenem Öffnungsdurchmesser ins Objectiv ein, z. B. Blenden mit kleiner, mittlerer und großer Öffnung („Methode der Teilexposition“), und eine Vorbelichtung mittels eines vor das Original gebrachten weißen Papiere vorgenommen. Die kleinere Blende entspricht in der Regel $\frac{f}{50}$ bis $\frac{f}{60}$, die Mittelblende $\frac{f}{25}$ bis $\frac{f}{18}$, die Schlußblende $\frac{f}{15}$ bis $\frac{f}{10}$.

Die Form des Blendenausschnittes hat einen Einfluß auf die Punktform im Rasternegativ, wie Fig. 194 andeutet, ebenso ist in dieser Figur

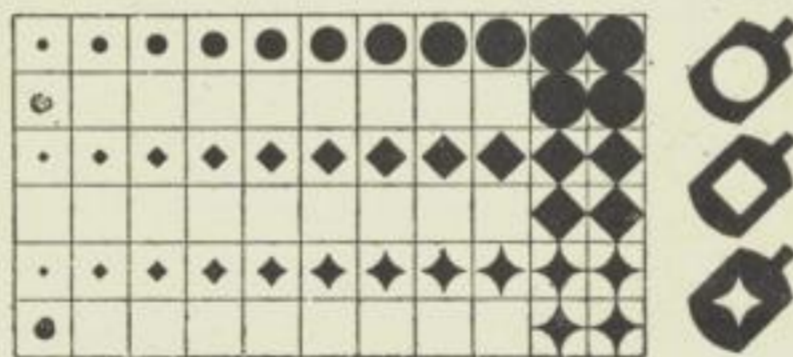


Fig. 194.

ersichtlich, wie die Punktgröße bei zunehmender Belichtung oder Helligkeit des photographischen Bildes an Größe zunimmt und in den entsprechenden Formen sich mit dem Nachbarpunkte mehr oder weniger zusammenschließt.

Die Firma Zeiss liefert die Reproduktionsobjektive mit Schieberblenden, welche sich um 45 Grad um ihre Achse drehen lassen,

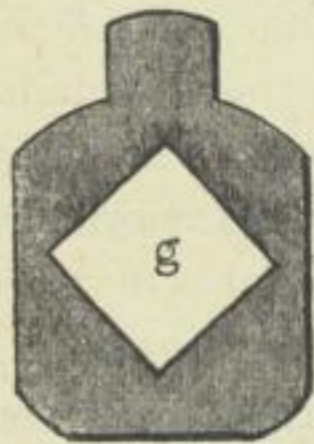


Fig. 195.

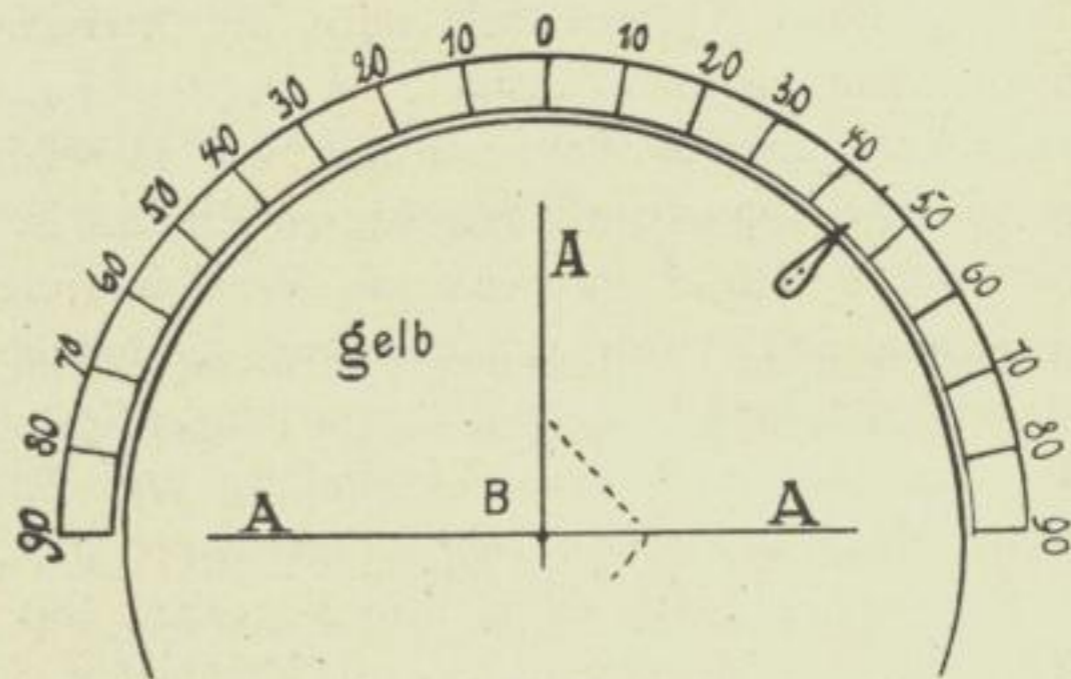


Fig. 196.

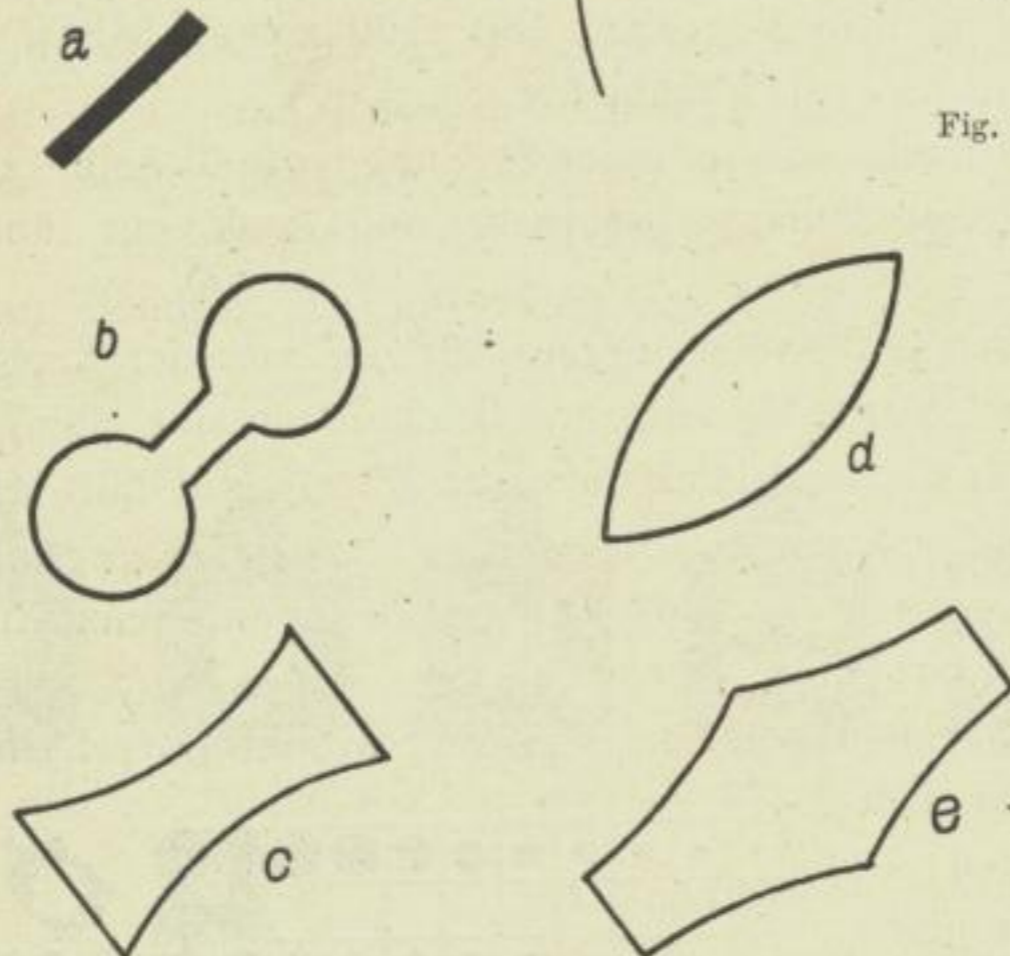


Fig. 197.

so daß die bei autotypischen Aufnahmen benutzten, von der Kreisform abweichenden Blendenöffnungen beliebig zu den Liniensystemen des Rasters gedreht werden können. Auch werden Irisblenden mit Schieberblenden gleichzeitig angebracht. (Jahrb. f. Phot. 1901. S. 493.)

Diese drehbaren Schlitzblenden erfahren mannig-

fache Variationen. Es sei hier ein Beispiel von Pöhnert angeführt, welches allerdings in der Praxis kaum Verwendung findet.

Die Aufnahme für Dreifarbenautotypie nimmt Pöhnert („Zeitschr. f. Reproduktionstechnik“ 1901. S. 93) in folgender Weise vor: Die Rasterlinien eines gekreuzten Rasters sind in Fig. 196 durch die Linien A angegeben. Exponiert wird wie gewöhnlich unter Anwendung einer viereckigen Blende von obenstehender Form (Fig. 195) für die Lichter und einer runden Mittelblende für den Halbton. Das Negativ für den Rotdruck nimmt man mit einer Blende von den Formen a, b, c, d oder e auf (Fig. 197).

Der Raster wird in seine gewöhnliche Lage gebracht, der Zeiger auf die Zahl 0 der Skala zeigend (Fig. 198). Für das Blaudrucknegativ verfährt man in ähnlicher Weise, nur mit dem Unterschiede, daß man den Blendenschlitz auf der entgegengesetzten Seite, wie Fig. 198 C^2 zeigt, wirken läßt. Der Raster bleibt in diesem Falle in derselben Lage wie beim Rotnegative. Das dadurch beim Zusammendrucke der drei Autonegative entstehende regelmäßige Gitter von Rasterlinien und Punkten hat, in starker Vergrößerung

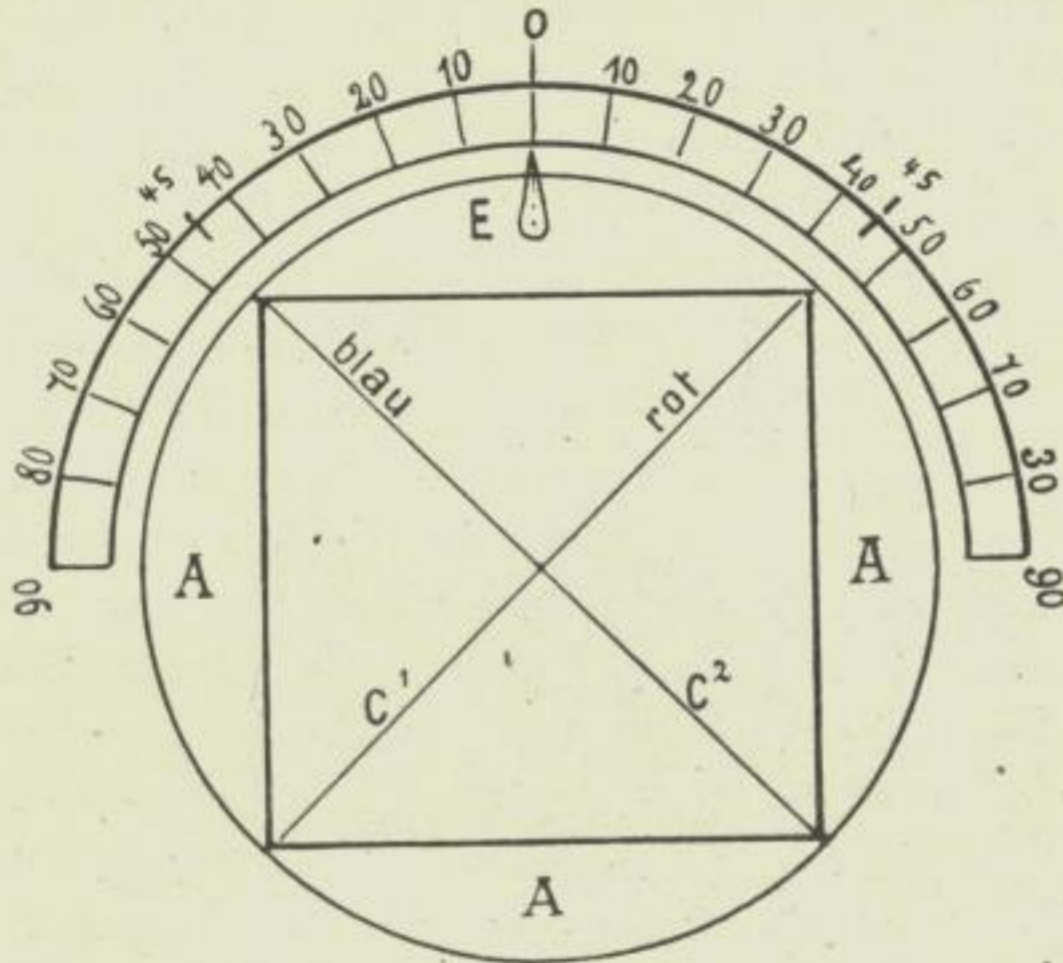


Fig. 198.

dargestellt, das Aussehen von Fig. 199. (Jahrb. f. Phot. 1902. S. 360.)

Man verwendet aber nicht nur Blendenscheiben mit runden oder viereckigen Öffnungen (Monocularblenden) mit verschiedenen ausgezackten Ecken, sondern auch dreieckige, dann doppelt perforierte drei- und vielfache, sowie auch mit verschiedenen gewinkelten Schlitz versehenen Blenden.

Um diese verschiedenen Formblenden rasch auswechseln zu können, benutzt man Steckblenden, welche für gewisse Zwecke drehbar eingerichtet werden.

Bereits E. Albert erwähnte 1894 Blenden mit „mehr als einer Öffnung“; Deville und Turati¹⁾ (1895) publizierten die Wirkung doppelter und vielfacher Blenden mit dem Kreuzraster, dann folgten Placzek²⁾ und Levy³⁾ (1897), welcher Blenden mit vier Öffnungen anwendete.

C. Grebe⁴⁾ verwendet sogenannte Dämpfungsblenden. Sie sind als einfache Blenden aufzufassen, welche in ihrer Öffnung ein dunkles Kreuz tragen. Dieses Kreuz hat den Zweck, bei der Schlußbelichtung



Fig. 199.

1) Jahrb. f. Phot. 1897. S. 287.

2) Phot. Corr. 1896. S. 247.

3) Jahrb. f. Phot. 1897. S. 19.

4) Jahrb. f. Phot. 1900. S. 473.

die zentral wirkende Lichtmenge zu dämpfen, was von Vorteil für die Schattentöne des Bildes sein kann. Es sind also diese Dämpfungsblenden einfache Schlußblenden, in welchen die Mitte, ähnlich wie bei der Dunkelfeldbeleuchtung im Mikroskop, weggeblendet wird. Zu den Dämpfungsblenden sind auch die von J. Verfasser („Der Halbtonprozeß“, deutsch von Prof. G. Aarland, S. 16, Fig 12, S. 115, Fig. 12a)

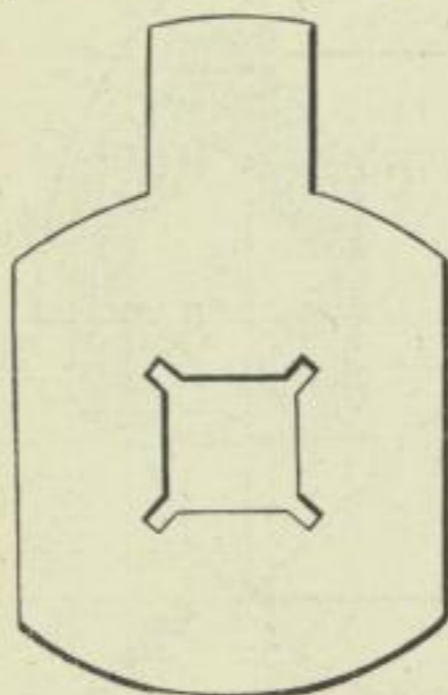


Fig. 200.

angeführten Formen zu rechnen. Fig. 200 zeigt eine solche Dämpfungsblende, über welche Tschörner (Phot. Corresp. 1901. S. 172) folgendermaßen berichtet: Die modernen Typen der Reproduktionsobjektive, z. B. Planar, Collinear, Triple-Anastigmat, Apochromat-Collinear usw., zeichnen sich zumeist durch große Lichtstärke aus. Für die Rasterphotographie ist dieser Umstand von wesentlichem Vorteile, weil hierdurch die Expositionszeit erheblich abgekürzt wird. Allerdings kann man mit einer gewöhnlich geformten Blende die volle Lichtstärke dieser Objektive nicht ausnutzen, denn würde

man eine normale, viereckige Schlußblende von $f/8$ oder $f/5$ gebrauchen, so würde das Resultat ein in den Lichtern gänzlich verschleiertes Negativ sein. Bei derartigen lichtstarken Objektiven verwendet man entweder einen Koincidenzblendensatz, wie ihn Dr. Grebe („Phot. Corr.“ 1900. S. 304) empfohlen hat, oder einfacher, man exponiert mit den normalen Mittelblenden für die Schatten- und Mitteltöne wie gewöhnlich und benutzt als Schlußblende eine Dämpfungsblende, welche dem vollen Öffnungsverhältnisse des Objektives entspricht. Unter



Fig. 201.

Dämpfungsblende versteht man eine beliebig geformte Schlußblende mit mehreren Öffnungen, bei welcher der sonst hindurchgehende zentrale Lichtkegel abgeblendet (abgedämpft) ist. Die einfachste Form einer solchen Dämpfungsblende ist die in Fig 201 ersichtliche.

Die Wirkungsweise derselben ist folgende: Eine Exposition mit der Mittelblende allein gibt auf dem Negative Punkte verschiedener Größe, denen in den Lichtern der Schluß fehlt. Diesen Schluß erzeugt die Dämpfungsblende in der Art, daß immer die Bilder zweier entgegengesetzter Blendenöffnungen aufeinander fallen, und zwar genau zwischen die von der Mittelexposition herrührenden Punkte in den Lichtern. Voraussetzung ist natürlich, daß die Rasterentfernung richtig ist und die Platte sich in der Koincidenzebene befindet.

Außer der abgekürzten Expositionszeit bietet die Dämpfungsblende noch einen Vorteil, der besonders bei flauen Originalen sehr willkommen

ist. Bei einer Rasteraufnahme nach einem guten Originale erhält man durch die sehr kurze Schlußexposition nur die Lichter gut geschlossen, ohne daß die Mitteltöne dadurch berührt werden. (Jahrb. f. Phot. 1902, S. 359.)

Koincidenzblenden.

Mehrfache Blendenöffnungen für Rasteraufnahmen (multiple stops) versuchte C. Grebe in Kombination mit sehr lichtstarken Objektiven $f:4$ zu benutzen. Fig. 202 zeigt die Form einiger der von Grebe beschriebenen „multiple stops“.

Die günstigsten Formen und die damit erhaltenen Resultate hat Grebe in seiner Arbeit „Über das autotypische Negativ und die Verwendung sehr lichtstarker Objektive zur Herstellung desselben“ (siehe „Phot. Corresp.“ 1899. S. 241) veröffentlicht.

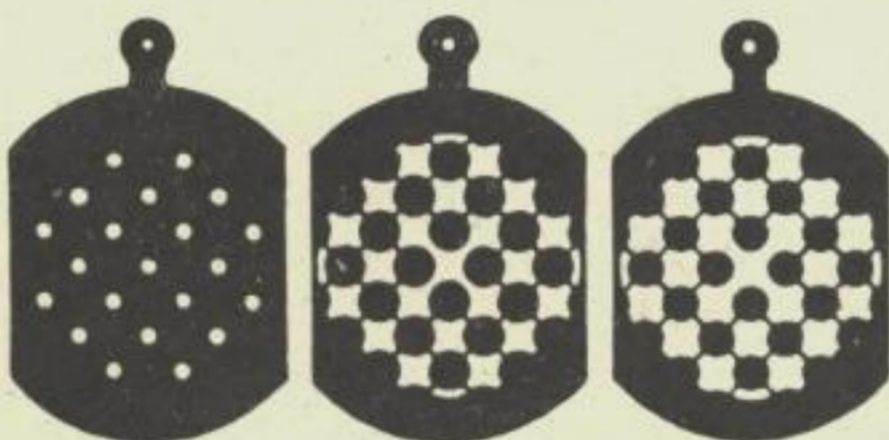


Fig. 202.

Unter der Dimension der Koincidenzblende versteht man die Mittelpunktsentfernung zweier benachbarter Öffnungen voneinander, welche bei ein und derselben Blende für alle Öffnungen immer dieselbe ist. Auch hier wird die Methode der Teilexposition verwendet und zwar sind drei Koincidenzblenden von derselben Dimension, aber mit verschieden großen Öffnungen erforderlich, wie Fig. 202 andeutet. Solche Blenden erzeugt C. Zeiss in Jena.

Blenden zur Herstellung von Korn-Halbtönen mittels Linienraster (Fig. 203) Nr. 3 ist für die Schatten bei langer Exposition, Nr. 2 und 1 für die Mitteltöne und Lichter bei bedeutend kürzerer Exposition bestimmt.



Fig. 203.

Sehr ähnlich ist eine andere Angabe über Blenden für Kornautotypie mit Levy-Raster, d. h. Kreuzraster, nach C. Fleck. Er empfiehlt drei Blenden. Die Blende 1 ist für die tiefen Schatten bestimmt, Blende 2 für die Auflösung der Halbtöne und Blende 3 endlich für den Schluß der Lichter. Im Dreifarbendrucke lassen sich diese Kornblenden sehr gut für die rote Druckplatte anwenden. („Phot. Chronik“ 1900. S. 273.)

Autotypie mit Holzschnitteffekt ohne xylographische Retouche soll man nach C. Fleck mit Hilfe zweier Blenden (siehe Fig. 204)

erhalten. Die Autotypie wird zuerst mit Blende 1 aufgenommen, der Hintergrund auf der Zinkplatte schwarz abgedeckt und die Platte angeätzt.



Fig. 204.

Nach der Anätzung wird die Platte sauber geputzt und ein Raster, welches ohne Original mit Blende 2 hergestellt ist, auf den Hintergrund der geätzten Zinkplatte kopiert. Nun wird auf der Zinkplatte das Bild abgedeckt und der Hintergrund angeätzt. Das weitere Verfahren wird wie gewöhnlich angewendet. Auf diese Weise erreicht man schneller den gewünschten

Holzschnitteffekt, ohne Beihilfe eines Xylographen. Die Blenden können auch andere, dem Holzschnitt eigene Figuren aufweisen. Mit den beiden Blendenabbildungen (Fig. 204) soll nur der Weg angedeutet werden. („Phot. Chronik“ 1900, S. 273. Eders Jahrb. 1901. S. 493, 494 und 495.)

Blenden für Rasteraufnahmen, welche sich während der Belichtung automatisch öffnen.

C. Grebe erwähnte in seiner Arbeit über „das autotypische Negativ und die Verwendung sehr lichtstarker Objektive zur Herstellung desselben“ („Photographische Correspondenz“ 1899), das Ideal bei Rasteraufnahmen wäre die Konstruktion einer Blende, deren Öffnungsverhältnisse sich während der Belichtungszeit selbsttätig regulierten. Er beschrieb eine autotypische Blende in dem erwähnten Artikel auf Seite 303 und sagt dabei wörtlich: „Einer Teilung der Gesamtexposition in mehr als drei Teile steht nichts im Wege; es würde im Gegenteil eine sich in bestimmt wachsender Geschwindigkeit automatisch öffnende Blende geradezu ideal sein, um eine vollkommene Variation der Punktgrößen herbeizuführen.“ Die Blenden hatte Grebe also konstruiert (sie sind von der Optischen Werkstätte von C. Zeiss wiederholt zur Ausführung gelangt) und das Prinzip, sie automatisch wirken zu lassen und so das vollkommenste Rasterbild zu erzielen, hat er ebenfalls publiziert. Zur Verwirklichung dieses Prinzipes fehlte also nur eine Triebkraft, um die Blenden in richtiger Weise in Bewegung zu setzen. Herr Brandweiner in Leipzig hat sich das Verdienst erworben, zu diesem Zwecke ein Uhrwerk zu konstruieren. Herr Brandweiner hat sich ein Patent Nr. 121620 vom 7. September 1900 erteilen lassen.

Die ausführliche Beschreibung des Adolph Brandweinerschen „Blendenstellers“, ein Instrument zur Herstellung autotypischer Rasternegative, siehe „Phot. Corresp.“ 1901. S. 406. (Eders Jahrbuch 1902. S. 363.)

V. Gitterblenden, Dispersionsblenden usw. zur Herstellung von Bildern mit milder, gleichmäßiger Unschärfe.

Bigelow versuchte bei der Herstellung großer Porträts mit lichtstarken Porträtobjektiven die Vorzüge der Helligkeit mit der Tiefe der Schärfe dadurch zu erreichen, daß er die Blende aus Drahtgaze (aus feinem Drahtnetz) statt aus Blech verfertigte. Der freie Ausschnitt wirkte wie eine Blende und gibt Tiefe der Schärfe; die Drahtgaze aber erzeugt ein verwaschenes, mit Interferenzerscheinungen behaftetes Bild, welches sich aber über das andere legt und eine allgemeine (nicht unangenehme) Unschärfe erzeugt. Im allgemeinen liefern diese Blenden, wenn man die Öffnung der gewöhnlichen Blende auf $\frac{1}{4}$ reduziert, die doppelte Lichtkraft wie diese (Photogr. Nachrichten 1890. S. 269; aus St. Louis Photographer 1890. S. 127). Auch H. Kühn empfiehlt die Einschaltung eines Netzes und zwar sollen dünne Fäden und weite Maschen, event. zwei oder drei solche kombiniert besser wirken als ein einziges Netz mit engen Maschen (Jahrb. f. Phot. 1897. S. 285). — Durch Einschaltung einer mit einem eingeritzten Gitter versehenen Glasplatte in die Blendenöffnung läßt sich ähnliches erzielen. Man nennt solche mit spiralförmigen oder sternförmigen, geätzten oder mit dem Diamant gerissenen Strichen versehene Glasplatten, welche neben der Blende in das Objektiv eingesetzt werden, Dispersionsscheiben. (Lenhard; Buschbeck. Eders Jahrb. für Phot. 1897. S. 285, 286.) Diese Scheiben bewirken eine milde Unschärfe, werden jedoch kaum mehr noch verwendet.

Hierher gehören auch die Dämpfungsscheiben für Objektive zu Zwecken der Dreifarbenphotographie. Bei Dreifarbenaufnahmen sind die Belichtungszeiten hinter Rot-, Grün- und Blaufiltern variabel (abhängig von der Art des Filters, von der Sensibilisierung der panchromatischen Platten usw.). Um diese Expositionszeit auszugleichen, werden nach dem Patent von Brasseur in New York (vergleiche Patent Nr. 22366, 1905) abgeschattiert mit Raster- oder Netzliniaturen versehene plane Glasplatten an Stelle der Blenden, oder nächst derselben zwischen den Linsen eines Objektivs eingeschaltet, um die Belichtungszeit auf diese Weise zu verlängern. („Brit. Journ. Phot.“ 1906. S. 934; Jahrb. f. Phot. 1907. S. 253.)

VI. Entfernung der Blenden während der Exposition.

Bei Benutzung kleiner Blenden ist die Lichtkraft der Objektive gering. Oft begnügt man sich z. B. bei Landschafts- oder Porträtaufnahmen mit einer mäßigen Schärfe und sucht die Exposition dadurch abzukürzen, daß man nur einen Teil der nötigen Expositionszeit mit

der eingesetzten kleinen Blende belichtet, dann die Blende herauszieht und nun mit voller Öffnung kurze Zeit exponiert. Dadurch wirkt das Licht kräftig auf die empfindliche Platte ein und gibt dem durch die vorhergehende Exposition mit Blende scharf gezeichneten Bilde die nötige Kraft.

Selbstverständlich sind derartig erhaltene Photographien niemals so scharf als solche, welche die volle Exposition mit der kleinen Blende haben. Immerhin wurde dieser Weg mehrfach von Praktikern eingeschlagen, um die Exposition bei Porträten auf etwa die Hälfte abzukürzen¹⁾ und ist noch hier und da in Benutzung.

Bei der Herstellung von Rasternegativen für Autotypiezwecke ist das Wechseln der „Formblende“ während der Belichtung (s. S. 199) sehr gebräuchlich und wichtig zur Erzielung einer richtigen Abtönung und eines guten Punktschlusses der Rastrierung.

VII. Die „Lichtblenden“ und „Wolkenblenden“.

Außer den Zentralblenden, welche die Schärfe vermehren sollen und stets kreisrund sein müssen, können mit Vorteil noch „Lichtblenden“ vor dem Objektiv angebracht werden. Dieselben sollen nur jene Lichtstrahlen abschneiden, welche gar nicht bei der Erzeugung des Bildes mitwirken. Bei Porträtobjektiven, bei welchen nur selten Zentralblenden angewendet werden, die so klein sind als $\frac{1}{3}$ der Öffnung, ist die „Lichtblende“ selten mit Nutzen anzuwenden. Dagegen wird sie sich ganz vortrefflich zu Landschaftsaufnahmen eignen. Ja die große Brillanz der mit einer einfachen Linse aufgenommenen Landschaften rührt größtenteils daher, weil ein zweimal gespiegeltes Reflexbild entsteht.

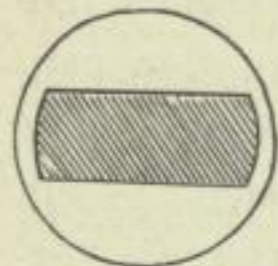


Fig. 205.
Fischers
stereoskopische
Blende.

Eine derartige Lichtblende mit länglicher Öffnung (Fig. 205) schlug schon Adolf Fischer 1861 vor²⁾, um im photographischen Apparat ein ähnliches Bild zu erhalten, wie im menschlichen Auge. Er hatte die Ansicht, daß bei einem Porträt z. B. nicht nur die seitwärts liegenden, sondern auch die über dem Kopfe und unter dem Kinn befindlichen Massen in das Kinn gezogen werden, was demselben einen aufgeschwollenen Ausdruck verleihe, was namentlich bei größeren Apparaten eintrete. Verdecke man aber das Objektiv von außen mittels einer vorzuschiebenden Blendung nahe am Glase, so sei dieser Übelstand beseitigt und das Bild werde plastischer, weshalb er diese Blende stereoskopische Blende nannte. Zwischen den Gläsern blendete er wie gewöhnlich mit runden Blenden.

Die Bilder besitzen fast ausnahmslos viereckige Form, während die Querschnitte der Objektive kreisrund sind. Es wird somit nur ein gewisser Teil der Linsen für das Bild benutzt. Der übrige Teil des Objectives, welcher nicht für das

1) Phot. News. 1873. S. 441 und 1875. S. 33.

2) Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1862. Bd. 5, S. 4.

viereckige Bild ausgenutzt wird, wirkt schädlich, weil er unnützes, ja sogar schädliches Licht in die Kamera wirft, welches leicht durch Reflexion einen Lichtschimmer erzeugt, der der Brillanz und Klarheit schädlich ist.

Stolze empfahl die vor das Objektiv gesetzten viereckigen Lichtblenden, um fremdes Licht abzuhalten. Er will jedes Objektiv mit so viel Lichtblenden versehen, als es runde Zentralblenden hat.¹⁾ Diese viereckigen Lichtblenden vor der Linse sind nicht zu verwechseln mit viereckigen Zentralblenden, gegen welche sich Stolze ausspricht.¹⁾

Furnell schlug vor, die viereckigen Lichtblenden hinter dem Objektiv im Innern der Kamera anzubringen.²⁾

Blenden, welche vor das Objektiv gesteckt werden, um fremdes Licht abzuhalten, sind besonders für die Landschaftsphotographie von Wert. Vom Himmel kommt immer viel mehr Licht als vom Vordergrund, so daß die Wolkenpartien usw. längst, überexponiert sind, bevor der Vordergrund genügend belichtet ist; zugleich raubt das starke in den Apparat fallende Himmelslicht dem Bilde die Brillanz. Des-

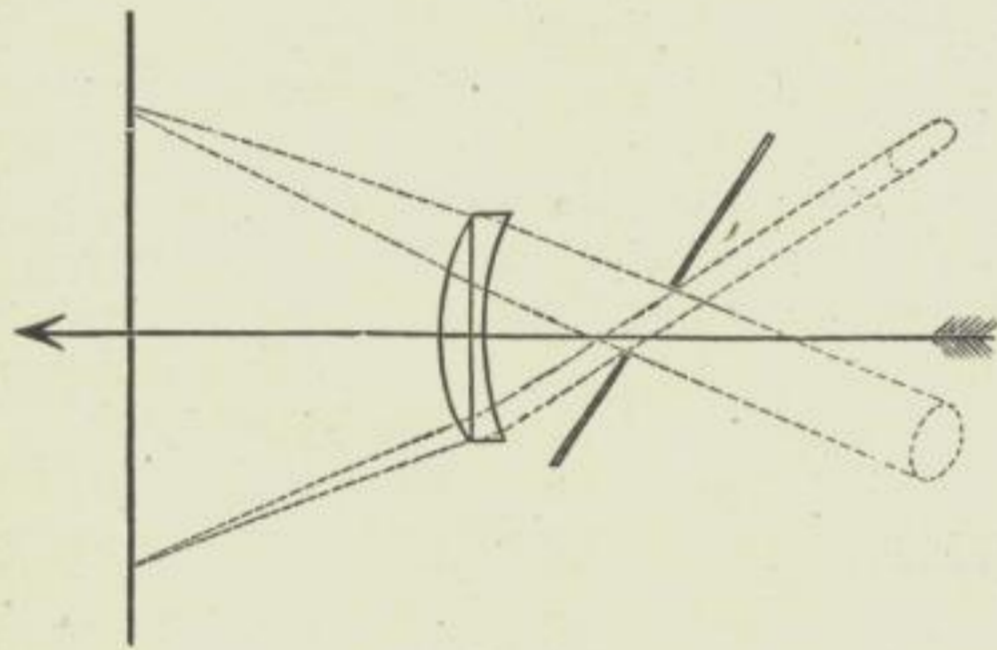


Fig. 206.
Schiefe Wolkenblende.

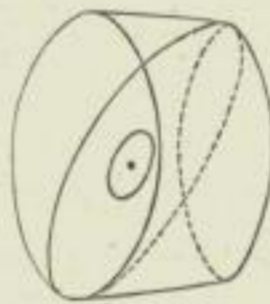


Fig. 207.

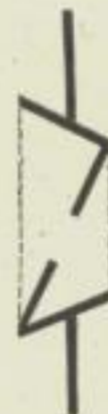


Fig. 208.
Schiefe Wolkenblende.

halb wurden Blenden speziell zur Ablendung der Wolken und des Himmels konstruiert, welche „Wolkenblenden“ genannt wurden.

Neigt man die vor eine einfache Linse gebrachte Blende nach vorn (Fig. 206), so erhält der Vordergrund im Negativ die vollen Lichtstrahlen, der Himmel hingegen nur solche von geringerem Durchmesser.

Durch eine bloße Drehung der ganzen Linse läßt sich die Stellung der Blende so verändern, daß auch solche Sujets, in denen der Vordergrund oder der dunkle Teil ein Dreieck füllt, eine passende Beleuchtung erhalten. Ebensogut wie in einem einfachen Landschaftsobjektiv kann diese Blende in einem Doppelobjektiv angebracht werden.

Sutton brachte die Wolkenblende in die größte Blende des Objectives hinein. In einem etwas konischen Metallring war die Blende sehräg eingesteckt, wie Fig. 207 zeigt (Fig. 208 ist der Querschnitt). Die Mitte des konischen Ringes hatte denselben Durchmesser, wie die größte Blende des Objectives; man steckte ihn in letztere hinein

1) Phot. Wochenbl. 1881. S. 225, 239.

2) Phot. Wochenbl. 1887. S. 322; aus Brit. Journ. of Phot. 1881. S. 322.

und drückte etwas an. Der Ring konnte schon so eingesetzt werden, daß man eine Adjustierung durch Umdrehen des Objectives nicht vorzunehmen brauchte. Eine Neigung der Blenden von 35 Grad ist nach Sutton¹⁾ in den meisten Fällen das Richtige. Der Vordergrund erhält dadurch viermal so viel Licht, als der Himmel. Als praktisches

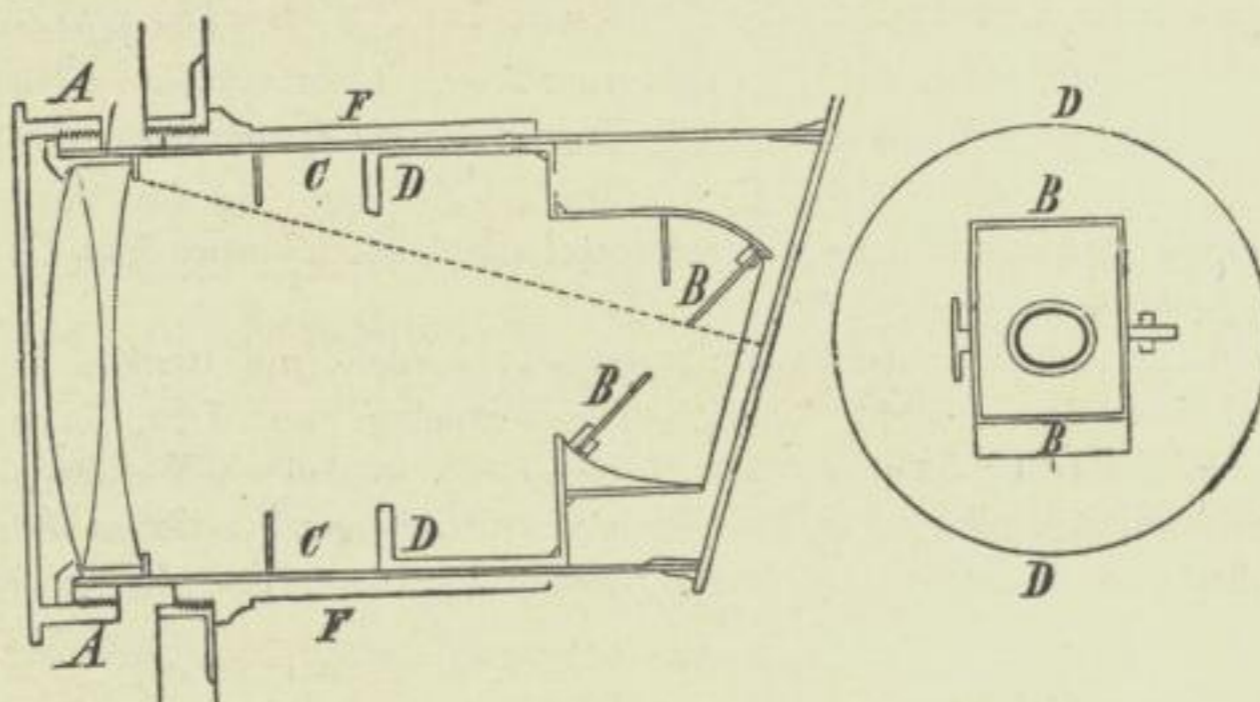


Fig. 209. Zusammenstellung der Suttonschen Landschaftslinse.

Resultat ist ferner in Rechnung zu bringen, daß die Belichtungszeit bei Anwendung der geneigten Blende kürzer ist.

Aus Fig. 209 ergibt sich die Zusammenstellung der Suttonschen Landschaftslinse.²⁾ *AA* ist eine einfache Linse, beiderseits durch Deckel verschließbar. Die weitere Blende *CC* ist feststehend. Die engere Blende *BB* mit der Fassung *DD*

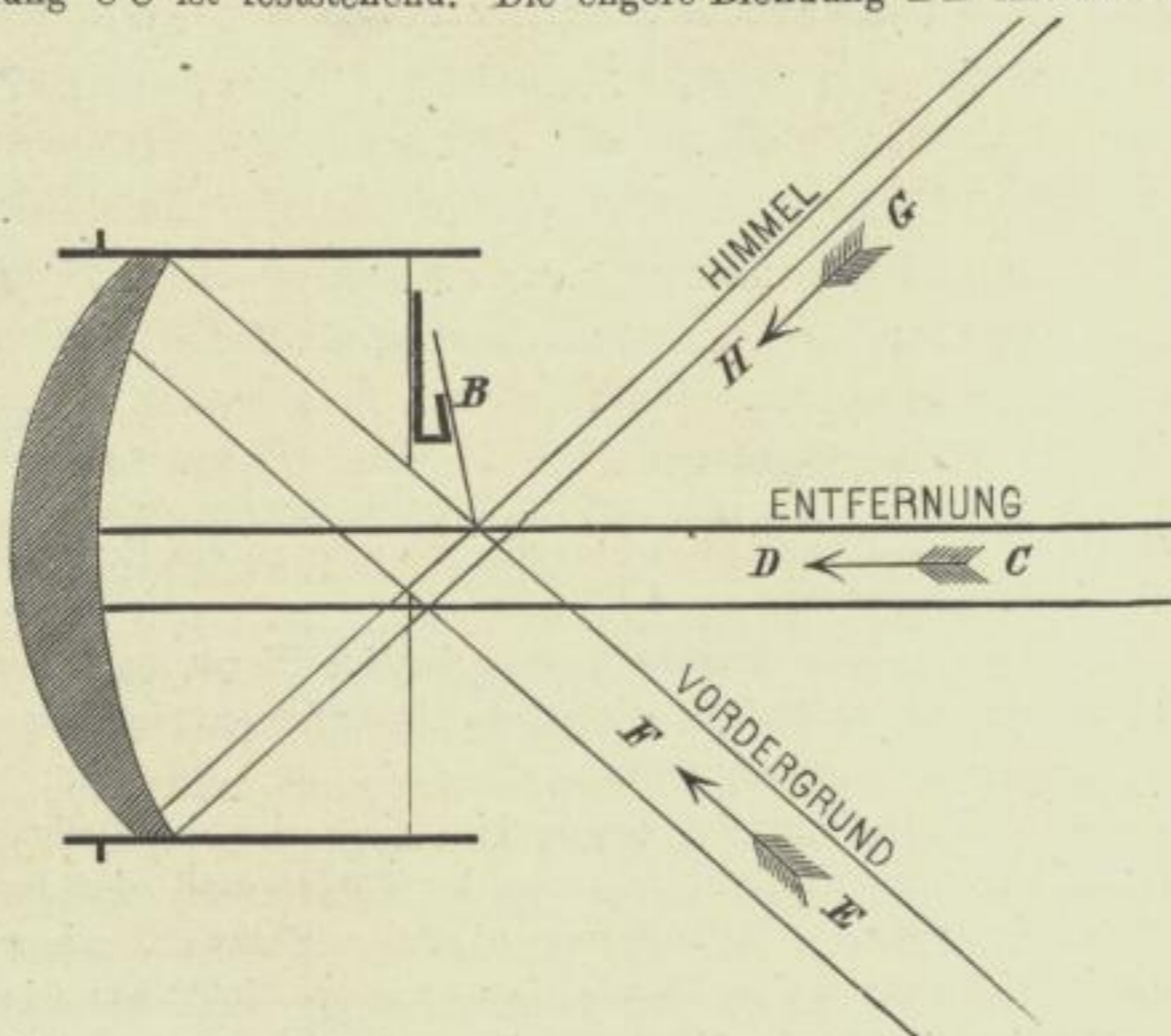


Fig. 210. Wolkenblende.

ist drehbar und läßt sich in die Röhre hinein- und herauschieben. Die bewegliche Blende wird bei der Aufnahme so gedreht, daß ihre Öffnung mehr nach unten, also nach den dunkleren Partien des Bildes, gerichtet ist.

1) Phot. Archiv. 1868. S. 247.

2) Schnauss, Phot. Lexikon. 1882. S. 285.

Durch folgende Einrichtung kann man mit gewöhnlichen Blenden (ohne sie schräg zu stellen) einen Teil der vom Himmel direkt in den Apparat fallenden Strahlen abschneiden. Fig. 210 zeigt diese Form, welche Kershaw den Wolkenblenden gab.¹⁾

Er hatte auf der Diaphragmaplatte der Linse und oberhalb der Öffnung eine kleine Platte angebracht, welche verschoben, und mit welcher nach Belieben das Licht abgesperrt werden konnte, wenn man sie gegenüber der Öffnung in die Blende brachte.

Aus Obigem geht hervor, daß die Firmamentplatte *B* dem Durchdringen des größten Strahlenbündels *FE*, der vom Vordergrund durchgelassen werden kann, keinen Eintrag tut, daß aber der von der Entfernung kommende Lichtbüschel *DC* materiell reduziert ist, während das ganze vom Firmament durchgelassene Licht, durch *HG* repräsentiert, in der Tat sehr klein ist.²⁾

Eine sehr einfache Himmelsblende besteht aus einem Stücke schwarzen Karton, welcher zackenförmig ausgeschnitten ist und sich der beiläufigen Form der Kontur ferner Gegenstände (Gebirge usw.) gegen den Himmel nähert (s. Fig. 211).

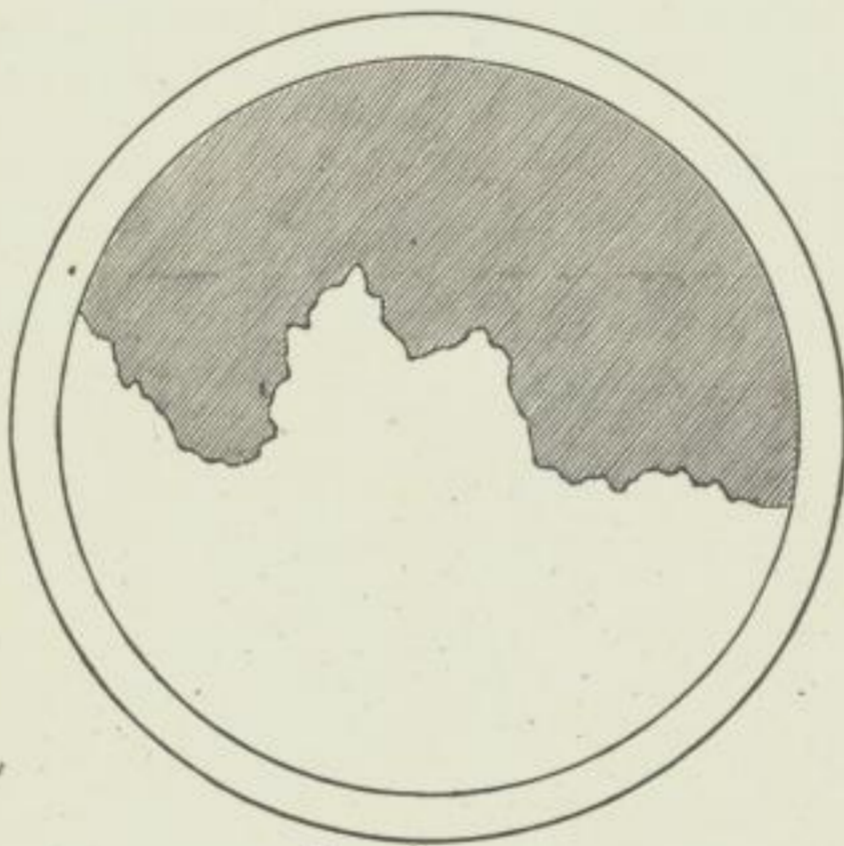


Fig. 211. Wolkenblende.

Diesen Karton bringt man vor dem Objektiv an, so daß nur das Bild des schlecht beleuchteten Vordergrundes in das Objektiv fällt, exponiert zur Hälfte und dann den Rest der Belichtungszeit nach der Entfernung der Blende.

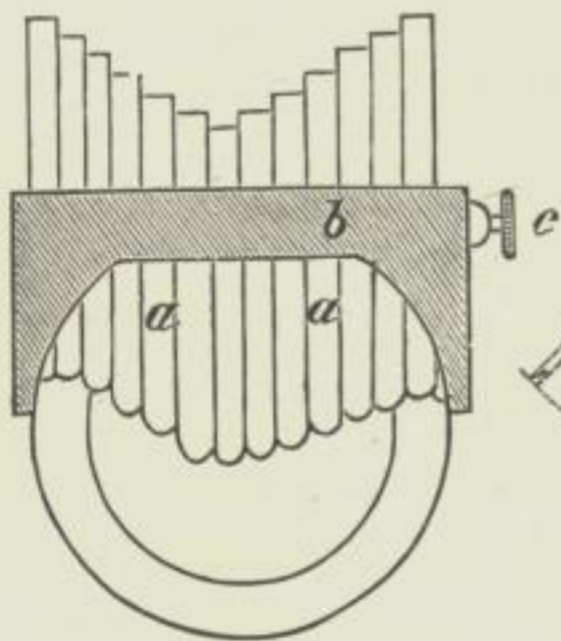


Fig. 212. Wolkenblende.

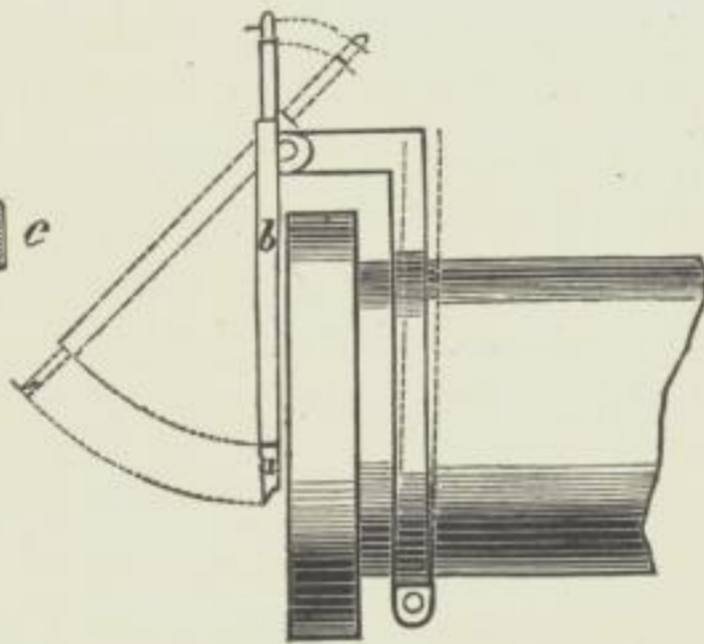


Fig. 213. Wolkenblende.

Folgende Form der Wolkenblende ist allgemein und ohne viele Umstände anwendbar. Man bringt in einen Messingrahmen *b* (Fig. 212) mehrere geschwärzte,

1) Phot. Corresp. 1870. Bd. 7, S. 84; aus Brit. Journ. Phot. Almanac.

2) Phot. Corresp. 1870. S. 84.

dicht aneinander liegende Messingstreifen (*a*) an, welche sich einzeln hinauf- und herabbewegen lassen. Man kann dann die Streifen so verschieben, daß sie sich beiläufig der Kontur des fernen Hintergrundes anpassen lassen; dann werden sie mit der Schraube *c* geklemmt.¹⁾ Diese Blendenvorrichtung ist vor dem Objektiv angebracht und kann, wie Fig. 213 zeigt, auf und nieder geklappt werden.

R. von Staudenheim konstruierte unter dem Namen „Photonom“ eine Blendenvorrichtung zum Abblenden des Hintergrundes, welche aus einem Schieber besteht, der sich langsam von unten nach oben hebt und dann wieder nach abwärts bewegt; dadurch wird bewirkt, daß der Vordergrund länger als der Hintergrund belichtet wird. Die Bewegung des Schiebers ist durch ein Uhrwerk regulierbar. (Phot. Corresp. 1891. S. 8.)

Die Wolkenblende der Emil Busch A.-G. in Rathenow (Fig. 214) gehört nicht zu den eigentlichen Blenden; sie besteht aus



Fig. 214.

einem Metallschirm (Blende), dessen unterer Rand ausgezahnt ist und dicht vor dem Objektiv am oberen Rande desselben angeordnet wird. Dadurch schneidet sie die von oben kommenden Strahlen mehr oder weniger ab, und damit dieses Abschneiden nicht gar zu plötzlich erfolgt, ist der untere Rand der Blende gezahnt.

Die Wolkenblende wird mittels Klemmring auf die Vorderfassung des Objektivs gesteckt und der ausgezahnte Blendenschirm

so weit gesenkt, bis bei Beobachtung auf der Mattscheibe die gewünschte gleichmäßige Verdunklung des Himmels eintritt.

Da ein Objektivdeckel in Verbindung mit der Wolkenblende nicht gut zu benutzen ist, so kann dieselbe nur an Objektiven mit Zentral- oder Schlitzverschluß verwendet werden.

VIII. Abnahme der Lichtintensitäten auf der Visierscheibe nach den Rändern des Bildfeldes und die Anwendung von Sternblenden und Rauchgläsern zur Ausgleichung der Helligkeit.

Gestattet ein Objektiv infolge seiner guten Korrektur die Ausnützung eines großen Gesichtsfeldes bei voller Öffnung, so tritt ein Übelstand auf, der das „Vignettieren“ genannt wird. Er zeigt sich in der Abnahme der Lichtstärke von der Mitte gegen die Ränder der Platte. Diese Lichtabnahme rührt davon her, daß die schräg einfallenden Lichtbündel immer mehr abgeblendet werden, je größer ihre Neigung zur Achse ist. Es wirkt nämlich der vordere und der hintere Fassungsrand des Objektivs als Blende. Sind die Durchmesser dieser beiden

1) Phot. Mitteil. Bd. 21, S. 247.

Fassungsränder nicht viel größer als der Durchmesser der Blendenöffnung, so beschneidet bei einem schräg einfallenden Lichtbüschel, der z. B. von unten kommt, den unteren Teil des Büschels der vordere Rand, den oberen Teil aber der hintere Rand, so daß der Querschnitt des Lichtbüschels sich als sphärisches Zweieck zeigt. Das Vignettieren wird um so größer sein, je größer der ausnutzbare Gesichtsfeldwinkel ist und je größer die Gesamtdicke des Objektives ist, d. h. je weiter die beiden Objektivränder voneinander entfernt sind.

Sieht man von der Abblendung durch den vorderen und den hinteren Rand eines Objektives ganz ab, so tritt die Abnahme der Helligkeit von der Mitte gegen den Rand des Gesichtsfeldes trotzdem auf. Betrachtet man nur eine Blende von bestimmtem Durchmesser (Fig. 215), so läßt diese einen senkrecht auf sie auffallenden Lichtbüschel vom Querschnitt gleich der Blendenöffnung durchtreten. Sowie aber der Lichtbüschel nicht senkrecht auf die Blendenebene auffällt, wird er beschnitten und zwar um so mehr, je mehr sich seine Fortpflanzungsrichtung der Blendenebene nähert; in dem Augenblick, in welchem sie mit dieser zusammenfällt, geht gar kein Licht des Büschels mehr durch die Blende.

Über die Abnahme der Lichtintensität gibt folgende Formel Aufschluß:

$$\text{Intensität} = J \cos^4 x,$$

wobei J die Intensität in der Richtung der Achse (also der senkrecht zur Platte einfallenden Lichtbüschel) ist und x den Winkel, den der Lichtbüschel mit der Achse bildet, bedeutet.

Winkel x	Lichtintensität	Winkel x	Lichtintensität
0 Grad	1,0000	30 Grad	0,5625
5 „	0,9848	35 „	0,4502
10 „	0,9406	40 „	0,3444
15 „	0,8705	45 „	0,2500
20 „	0,7798	50 „	0,1707
25 „	0,6747	55 „	0,1082

Wie man sieht, ist im Anfang die Lichtabnahme gering. Aber schon für $x = 30$ Grad, d. h. einen Bildwinkel von $2 \times 30 = 60$ Grad, beträgt sie fast 50 Prozent. Von da ab steigt sie schnell; bei 45 Grad, also für einen Bildwinkel von 90 Grad, beträgt sie 75 Prozent und für $x = 55$ Grad, also für einen Bildwinkel von 110 Grad, steigt sie fast auf 90 Prozent (Dr. Stolze).

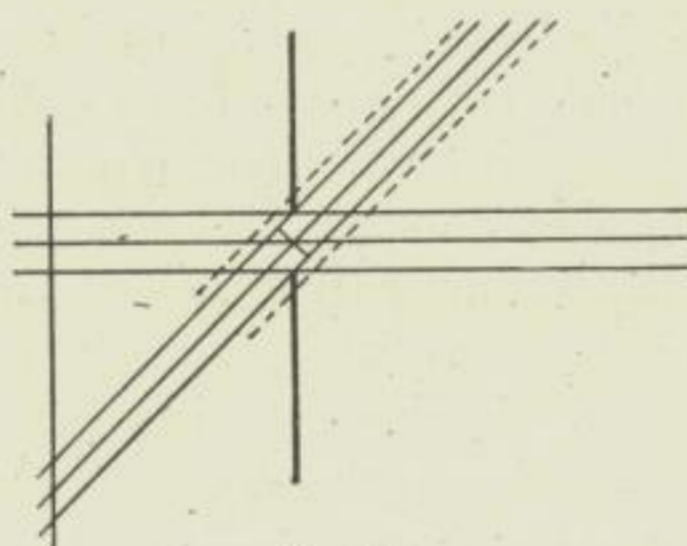


Fig. 215.

Beim Gebrauch photographischer Weitwinkellinsen macht sich stets in unliebsamer Weise diese Abnahme der Helligkeit von der Mitte des Bildfeldes zum Rande geltend. Belichtet man daher die Mitte hinreichend, so ist der Rand stets unterexponiert, während bei richtiger Exposition des Randes die Mitte unbedingt überlichtet ist.

A. Sternblenden.

Um die Exposition gleichmäßig zu machen, kann außer dem Seite 103 beschriebenen Hilfsmittel auch eine undurchsichtige Sternblende angewendet werden. Man exponiert zuerst so lange, daß die Mitte des Bildes asexponiert ist und deckt dann einen Stern von schwarzem Papier dicht vor das Objektiv. Die Strahlen des Sternes dürfen höchstens die halbe Breite der kleinsten Blendenöffnung haben; in der Mitte des Sternes ist ein Kreis von etwa $\frac{2}{3}$ des Objektivdurchmessers, die Länge der Strahlen reicht bis dicht an den Rand; dieser Stern bleibt nun noch die dreifache Zeit vor dem Objektiv.¹⁾

Später konstruierte Meydenbauer drehbare Sternblenden (Phot. Nachrichten. 1890. S. 70).

Die Sternblende besteht aus einem schwarzen Stern mit zahlreichen Strahlen, welche höchstens die halbe Breite der kleinsten Zentralblende haben dürfen und sich so weit erstrecken, daß sie, wenn die Sternblende vermittels eines Scharnieres dicht vor das Objektiv vorgeklappt wird, bis ins Ende des Bildfeldes hinein wirken, während nach der Mitte hin ein fester Metallkreis steht, der einem Bildfelde von ca. 20 Grad entspricht. Man kann kleine Sterne aus photographischen geschwärzten Kollodionschichten ausradieren (Stolze, Phot. Wochenbl. 1877. Seite 311).

Die Wirkung des Sternes ist allerdings nur schwierig und bei großer Erfahrung zu bemessen.

B. Rauchgläser oder gefärbte Gläser als Kompensatoren.

Man hat auch vorgeschlagen, zum Zwecke der Ausgleichung der Lichtverteilung zwischen Rand und Mitte die Sammellinsen des Objektivs aus Rauchglas zu machen, welches dann in der Mitte mehr Licht als am Rande absorbieren würde. Dieser Vorschlag ist jedoch wegen der schwierigen Ausführung unpraktisch.²⁾

Deshalb half Dr. A. Miethe diesem Übel durch Anbringung eines Kompensators ab.³⁾

1) Phot. Wochenbl. 1881. S. 64.

2) Stolze, Phot. Wochenbl. 1857. S. 312.

3) Eders Jahrbuch f. Photographie für 1890. IV. Jahrgang. S. 204.

Der Apparat (Fig. 216) besteht aus zwei äußerst dünnen Linsen, deren eine plankonvexe, aus Rauchglas bestehende, mit einer gleichgekrümmten, plankonkaven, aus farblosem Glase geschliffenen, in der Weise gekittet ist, daß eine beiderseits ebene Platte, welche sich durchfallendem Lichte gegenüber durchaus wie eine planparallele Platte aus einem Stück verhält, entsteht. Beim Hindurchschauen sieht die ganze Vorrichtung einem planparallelen Glase ähnlich, welches nach der Mitte zu allmählich gleichmäßig dunkel wird.

Bringt man diese Platte in entsprechender Fassung vor oder hinter dem Objektiv an, so werden die Mittelstrahlen bei passender Wahl des Rauchglases und seiner Wölbung so weit gedämpft, daß sie an Intensität den ungeschwächt hindurchgehenden Randstrahlen gleichkommen. Diese Vorrichtung, welche Dr. A. Miethe „Kompensator“ nennt, ist in Fig. 216 abgebildet und beschrieben; dieselben fertigt Hartnack in Potsdam an. Die Belichtungszeit ist 2—3mal länger als ohne Kompensator, jedoch die Helligkeit im Bildfelde schön ausgeglichen.

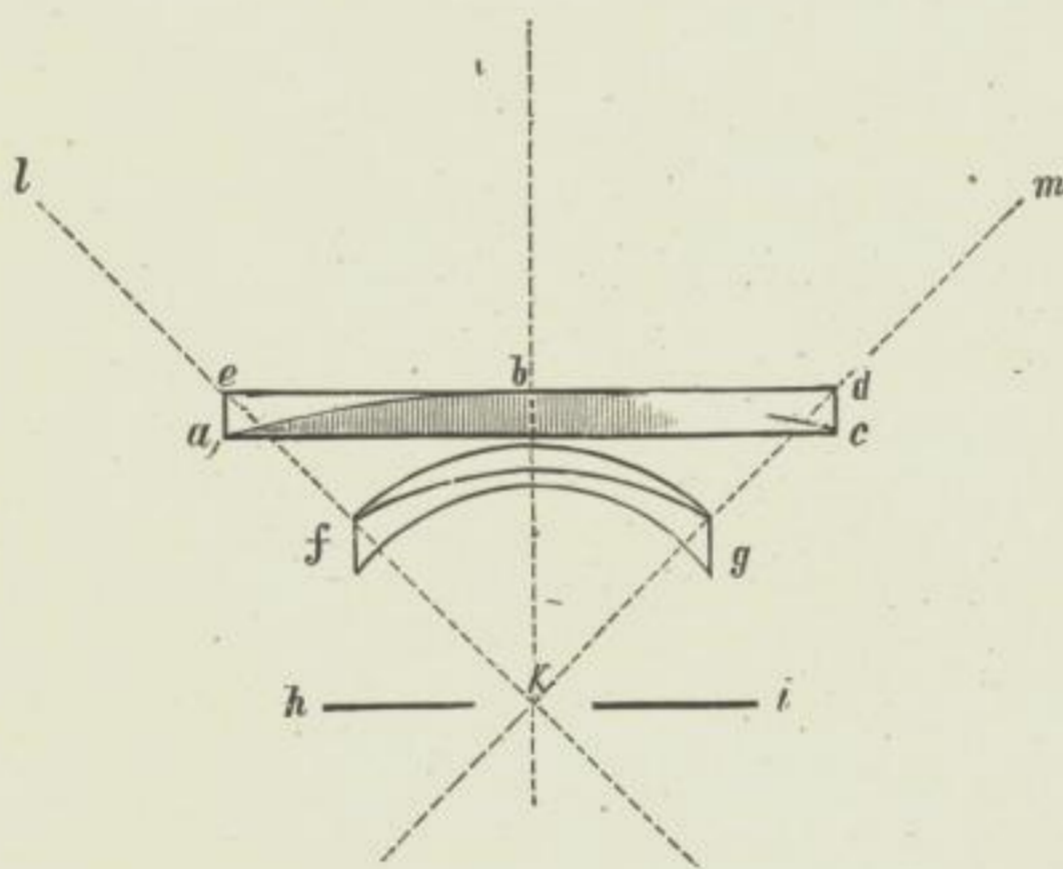


Fig. 216. *acde* Kompensator; *abc* Rauchglaslinse; *ae bde* farblose Linse; *fg* Weitwinkellinse; *hi* Blendenebene; *kl, lm* Randstrahlen.

Auf die Verteilung der Helligkeit eines Objectives über die Bildfläche haben auch die Blenden Einfluß; die Abblendung bewirkt eine bessere Verteilung der Schärfe. Natürlich wird das Vignettieren um so weniger bemerkbar, je kleiner die Blende ist.

IX. Bezeichnung der Blenden, Beschreibung der verschiedenen Blendensysteme mit Bezug auf relative Helligkeit und Belichtungszeit.

Die Größe der Blenden (Durchmesser der Blenden- oder Diaphragmenöffnungen) steht in direkter Beziehung mit der Helligkeit des abgeblendeten Objectives, indem sich die Lichtkraft zweier Objective verhält wie die Quadrate der Durchmesser der Öffnungen (d, D) und umgekehrt, wie die Quadrate der Brennweiten der Objective (f, F). Es gilt also das Verhältnis der $\frac{d^2}{f^2} : \frac{D^2}{F^2}$. Die Belichtungszeit ist verkehrt proportional der Helligkeit.

Der Pariser Photographische Kongreß 1889 hat als normale Helligkeit diejenige angenommen, bei welcher die wirksame Öffnung des Objektivs $\frac{1}{10}$ der Brennweite ist. Die für ein Objektiv mit diesem Öffnungsverhältnis erforderliche Expositionszeit wird als Einheit angenommen, und die Blendung, welche dieses Öffnungsverhältnis ergibt, mit 1 bezeichnet. Es wurde ferner vorgeschlagen, nur solche Blendungen beizugeben, bei welchen die Expositionszeiten sich je verdoppeln, also die Werte 2, 4, 8, 16 für die kleineren Blenden, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ für die größeren Blenden zu wählen.

Es wurden auch andere Einheiten für die Blendenbezeichnungen eingeführt (s. u.). Jedenfalls empfiehlt es sich, daß auf der Blende 1. die relative Expositionszeit, 2. das Verhältnis von wirksamer Öffnung und Brennweite $\frac{d}{f}$ (z. B. $\frac{d}{f} = \frac{1}{20}$ oder $d = \frac{f}{20}$, d. h. der Blendendurchmesser beträgt den 20. Teil der Brennweite f), oder das Verhältnis der Belichtungszeiten $\left(\frac{f^2}{d^2}\right)$ angegeben ist.

Die „Photographic Society of Great Britain“ gab vor mehreren Jahren den Anstoß für die Aufstellung von einheitlichen Blendengrößen und -Numerierungen, so daß die Optiker auf der Blende nicht nur das jeweilige Verhältnis von Öffnung zur Brennweite einzugravieren hätten, sondern auch auf den Blenden die Zahlen, welche die relativen Belichtungszeiten oder die den betreffenden Blenden zukommenden Helligkeiten anzugeben wären. Als Einheit wählte die „Photographic Society of Great Britain“ die Helligkeit eines Objektivs, dessen Öffnung gleich dem vierten Teile der Brennweite ist $\left(\frac{f}{4}\right)$; dies entspricht ungefähr der Helligkeit der gewöhnlichen Porträtobjektive. Setzt man die Helligkeit eines Objektivs bei $\frac{f}{4} = 1$, so wäre bei einer halb so großen Blendenöffnung von $\frac{f}{8}$ die Expositionszeit = 4 usw. Diese Zahlen werden als „Uniform System Numbers“ (U. S. Nr.) auf die Blende graviert. Es ergeben sich dann folgende Zahlen.¹⁾

U. S. Nr.	U. S. Nr.	U. S. Nr.	U. S. Nr.
$\frac{f}{1}$ $\frac{1}{16}$	$\frac{f}{5,656}$ 2,00	$\frac{f}{12}$ 9,00	$\frac{f}{45,25}$ 128,00
$\frac{f}{1,414}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{f}{6}$ 2,25	$\frac{f}{16}$ 16,00	$\frac{f}{56}$ 196,00
$\frac{f}{2}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{f}{7}$ 3,06	$\frac{f}{22,62}$ 32,00	$\frac{f}{64}$ 256,00
$\frac{f}{2,828}$ $\frac{1}{2}$	$\frac{f}{8}$ 4,00	$\frac{f}{28}$ 49,00	$\frac{f}{70}$ 306,25
$\frac{f}{3}$ 0,562	$\frac{f}{9}$ 5,06	$\frac{f}{32}$ 64,00	$\frac{f}{80}$ 400,00
$\frac{f}{4}$ 1,00	$\frac{f}{10}$ 6,25	$\frac{f}{36}$ 81,00	$\frac{f}{90,50}$ 512,00
$\frac{f}{5}$ 1,56	$\frac{f}{11,31}$ 8,00	$\frac{f}{40}$ 100,00	$\frac{f}{100}$ 625,00

1) Auszug aus einer größeren Tabelle von Warburton.

In dieser Tabelle ist in der 1. Kolonne das Verhältnis von Öffnung zur Brennweite angegeben, z. B. $\frac{f}{4}$ heißt, die Blendenöffnung ist $\frac{1}{4}$ der Brennweite. In der 2. Kolonne ist das Verhältnis von $\frac{f^2}{d^2}$ angegeben, wobei der für $\frac{f}{4}$ entfallende Wert $= 1$ gesetzt wurde.

Wie man sieht, geben die Blendennummern unmittelbar die Belichtungszeiten mit den betreffenden Blenden an, z. B. Blende Nr. 8 braucht die doppelte Belichtung als Blende Nr. 4.

Bei diesem Systeme ergibt sich die Schwierigkeit, daß gerade die am häufigsten benützten Blenden (nämlich die kleinen) die höchsten Nummern erhalten, ja daß überhaupt eine ganze Reihe von lichtärmeren Objektiven, wenn z. B. die größte Öffnung nur $\frac{1}{16}$ des Fokus ist, nur Blenden mit hohen Nummern haben, welche in unserem Beispiele mit Nr. 16 beginnen würden.

Im Februar 1890 fand eine photographische Konvention in Chester (England) statt, für welche Cowan, Gifford, Hatton, Pickard und Wollaston die Vorarbeiten gemacht hatten¹⁾, und als Gegenstand die einheitliche Bezeichnung der Objektive und Blenden, sowie Feststellung von Normalmaßen bei denselben in Verhandlung gezogen wurde. Es wurde hierbei die vom internationalen Photographischen Kongreß akzeptierte Normalblende $\left(\frac{f}{10}\right)$, ebenso die Dallmeyer'sche Einheitsblende $\left(\frac{f}{\sqrt{10}}\right)$ verworfen und die von der „Photographic Society of Great Britain“ aufgestellte Blende $\frac{f}{4}$ als Einheit angenommen, d. h. eine Blende, deren Durchmesser $\frac{1}{4}$ der Brennweite ist, mit Nr. 1 bezeichnet, welcher die relative Helligkeit $= 1$ zukommt. Daraus ergeben sich die anderen Blenden in einfacher Weise, indem jede folgende Blende die doppelte Belichtung der vorhergehenden braucht, nämlich:

Blendendurchmesser . . .	$\frac{f}{4}$	$\frac{f}{5,6}$	$\frac{f}{8}$	$\frac{f}{11,3}$	$\frac{f}{16}$	$\frac{f}{22,6}$	$\frac{f}{32}$	$\frac{f}{45,2}$	$\frac{f}{64}$
Expositionszeit	1	2	4	8	16	32	64	128	256

Dr. Stolze besprach seit 1882 mehrfach die Frage der Blendenbezeichnung und machte den Vorschlag, die Blende mit einer Zahl zu versehen, welche $= \frac{f^2}{d^2}$ ²⁾ ist, und welche ohne weiteres gestattet, bei gleichem Lichte die relativen Expositionen zu bestimmen. Noch besser ist der spätere Vorschlag Dr. Stolzes³⁾, auf jede Blende die Zahl $\frac{f^2}{100d^2}$ zu setzen, um dadurch kleinere Zahlen zu erhalten. Allerdings ist auch bei diesem letzteren Vorschlage die Division durch 100 willkürlich und macht in Wirklichkeit eine Blendenöffnung vom Durchmesser $= \frac{f}{10}$ zur Einheit. Das Verfahren hat jedoch den Vorzug, die nicht willkürliche Zahl $\frac{f^2}{d^2}$ in ihren Ziffern unverändert zu lassen und nur das Komma um zwei Stellen nach links zu rücken.

1) Phot. News. 1890. S. 502.

2) d bedeutet den Blendendurchmesser oder richtiger die wirksame Öffnung des Objektives; f = Brennweite.

3) Phot. Wochenbl. 1886. S. 262. — Vergl. auch Lainer (Phot. Corresp. 1890. Seite 271).

Z. B. für einen Aplanat von 300 mm Brennweite und 40 mm Öffnung wolle man die Zahlen für die Blenden 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5 mm Durchmesser nach der Formel $\left(\frac{f}{10d}\right)^2$ suchen. Man erhält:

Blenden- durchmesser	Blendenbezeichnung $\left(\frac{f}{10d}\right)^2$
40	0,56
35	0,73
30	1,00
25	1,44
20	2,25
15	4,00
10	9,00
5	36,00

Für die Praxis würde man mit einer Dezimale, oder bei den größeren Zahlen mit den ganzen Zahlen ausreichen.

F. R. Dallmeyer schloß sich 1886¹⁾ diesem Vorschlage Dr. Stolzes an, indem er die Normalbezeichnung der Photographic Society of Great Britain verwarf.

Er schlug vor, das Verhältnis von $\frac{1}{\sqrt{10}}$ ($=\frac{1}{3,16}$) als Grundzahl zu betrachten.

Dann werden die Normalzahlen: Zehntel der Nenner des Bruches, welcher die Helligkeit bezeichnet, und das ganze wird, wie schon oben gezeigt, ein Dezimalsystem.

Z. B.: Es habe ein Objektiv die Brennweite von 160 mm und nachfolgende Blendendurchmesser, so ergibt sich die nachstehende vergleichende Tabelle.

Blenden- durchmesser	Helligkeit	Relative Belichtungszeit	Dallmeyers Normalzahl
17 mm	$\frac{1}{9,4}$	89	8,9
14 "	$\frac{1}{11,4}$	131	13,1
12 "	$\frac{1}{13,3}$	178	17,8
8,5 "	$\frac{1}{18,8}$	355	35,5
6 "	$\frac{1}{26,7}$	711	71,1
4 "	$\frac{1}{40}$	1600	160

Wie man sieht, deckt sich der Vorschlag Dallmeyers mit dem von Stolze empfohlenen System der Blendenbezeichnung.

Über die Einheit für die Helligkeit der verschieden abgeblendeten photographischen Objektivs oder den „photometrischen Effekt der Diaphragmen“ erstattete im Pariser Photographischen Kongreß, August 1889, Herr Cornu Bericht (vgl. Bull.

1) Phot. News. 1886. S. 601; im Phot. Wochenblatt 1886. S. 417 gibt Dr. Stolze eine Korrektion dieser Tabelle.

Société franç. de Phot. 1890. Bull. Assoc. Belge de Phot. 1890. S. 164). Dieser berühmte Gelehrte sprach sich entschieden dafür aus, eine Blende, deren Durchmesser $\frac{1}{10}$ der Brennweite ist, als Einheit zu setzen, wobei Cornu auf die wahre wirksame Strahlenöffnung (wie sie sich durch Rechnung oder nach Steinheils Methode ergibt) Bezug nahm. Cornu wendet sich gegen die Dallmeyersche Einheit der Helligkeit $\frac{1}{\sqrt{10}}$, weil auch diese Größe eine willkürliche sei und weil auch größere Blenden verwendet werden als solche, welche einen Durchmesser haben $= \frac{f}{\sqrt{10}}$. Wenn man also schon eine Größe wähle, welche sich theoretisch exakt nicht begründen lasse, so verdiene die einfache Zahl $\left(\frac{1}{10}\right)$ den Vorzug. Nach einer Debatte, an welcher sich unter anderen De la Baume-Pluvinel, Fabre, Davanne, Breguet, Vidal, Seberrt beteiligten, wurde jene Blende, bei welcher der Durchmesser ihrer wirksamen Öffnung $= \frac{1}{10}$ der Brennweite ist, als Einheit gewählt.

Diese Blende wird mit Nr. 1 bezeichnet und entspricht der Belichtungszeit = 1. Die anderen Blenden werden entsprechend bezeichnet, so daß ihre Öffnungen einfachen Zahlen, z. B. der 2, 4, 8fachen Belichtungszeit entsprechen; lichtstarke Objektive hätten die Blenden $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}$ usw.

Nimmt man die vom Pariser Kongreß vorgeschlagene Öffnung der Linse $= \frac{f}{10}$ als Einheit an, so gibt die nach der Formel $\frac{f^2}{100d^2}$ aufgestellte Tabelle folgende Zahlen:

Blenden- durchmesser (d) =	$\frac{f}{4}$	$\frac{f}{5}$	$\frac{f}{6}$	$\frac{f}{7}$	$\frac{f}{8}$	$\frac{f}{10}$	$\frac{f}{12}$	$\frac{f}{14}$	$\frac{f}{17,5}$	$\frac{f}{20}$	$\frac{f}{24,5}$	$\frac{f}{32}$	$\frac{f}{50}$	$\frac{f}{70}$
$\frac{f^2}{100d^2}$	0,16	0,25	0,36	0,50	0,64	1	1,44	1,96	3	4	5	10	25	49
Bezeichnung der Blenden mit Nr.	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	3	4	5	10	25	49

Die Firma Zeiss in Jena führte bei ihren Objektiven im März 1890 ein anderes System der Blendenbezeichnung durch; es ist auf jeder Blende angegeben:

- a) das Verhältnis von Öffnung zur Brennweite,
- b) als Einheit der Lichtstärke (Lichtstärke) ist die Helligkeit des Objectives bei einer Blende $= \frac{f}{100}$ angenommen. Die Blende $\frac{f}{50}$ hat dann die Helligkeit = 4, was $= \frac{1}{4}$ der Belichtungszeit ist. Dementsprechend ergibt sich für:

Relative Blendenöffnung	Helligkeit	Relative Blendenöffnung	Helligkeit
$\frac{1}{100}$	1	$\frac{1}{25}$	16
$\frac{1}{71}$	2	$\frac{1}{18}$	32
$\frac{1}{50}$	4	$\frac{1}{9}$	128
$\frac{1}{36}$	8	$\frac{1}{6,3}$	256

Es ist besonders hervorzuheben, daß Dr. Rudolph bei diesen Bezeichnungen der Zeisschen Objektive nicht die direkt mit dem Maßstabe gemessenen Blendendurchmesser in Rechnung setzte, sondern die wahre wirksame Öffnung derselben.

Unter allen Umständen ist es erwünscht, daß die den verschiedenen Blenden eines Objectives entsprechenden Belichtungszeiten in einem einfachen Verhältnis zueinander stehen. Wünscht man z. B., daß für jede nächst kleinere Blende die Belichtungszeit verdoppelt werde, so müssen die Durchmesser der Blenden die nachfolgenden sein, wenn man den Durchmesser der größten Blenden = 1 setzt:

0,707	0,176
0,500	0,125
0,353	0,088
0,250	0,062

Bei den Goerzschen Objektiven ist auf jeder Blende die relative Belichtungszeit (t) nach der Gleichung $t = \frac{1}{10} \left(\frac{f}{d} \right)^2$ angegeben, wo f = der Brennweite, d = der wirksamen Blendenöffnung entspricht. Als Belichtungseinheit gilt ein Objectiv mit der relativen Öffnung $\frac{1}{\sqrt{10}} = \frac{1}{3,16}$. Die Belichtungszahl 4 entspricht einem Objectiv, dessen wirksame Öffnung $= \frac{1}{\sqrt{40}} = \frac{1}{6,32}$ der Brennweite ist usw.

Bei den Goerzschen Objektiven (Reproduktionsaplanate ausgenommen) kommen nun einzig die Belichtungszahlen

4 6 12 24 48 96 192 384 768

vor, welche den Öffnungsverhältnissen

$\frac{f}{6,3}$ $\frac{f}{7,7}$ $\frac{f}{11}$ $\frac{f}{15,5}$ $\frac{f}{21,9}$ $\frac{f}{31}$ $\frac{f}{43,8}$ $\frac{f}{62}$ $\frac{f}{87,6}$

entsprechen.

Von der im Jahre 1900 vom „Intern. Phot. Kongreß zu Paris“ eingesetzten Kommission wurden nach dem Referate E. Wallons (Mai 1902) einstimmig folgende gültige Beschlüsse über die Nummerierung der Blende gefaßt.

I. Objektive mit unveränderlicher Fokaldistanz.

1. Jede Blende wird durch einen Bruch der Form $f:n$ gekennzeichnet, in dem n die Zahl angibt, welche erhalten wird, wenn man die absolute Fokaldistanz des Objectives durch den wahren wirksamen Durchmesser der Blende dividirt.

Wenn es die Anordnung der Montierung gestattet, werden die Optiker ersucht, für jede Blende und im Hinblick auf den Bruch $f:n$ den Wert der Zahl n^2 anzugeben.

2. Es wird für sämtliche Objektive eine einheitliche Reihe von Blenden benützt in dem Sinne, daß die wirksamen Durchmesser der Blende der Reihe angehören:

$\frac{f}{1}$ $\frac{f}{1,4}$ $\frac{f}{2}$ $\frac{f}{2,8}$ $\frac{f}{4}$ $\frac{f}{5,6}$ $\frac{f}{8}$ $\frac{f}{11,3}$ $\frac{f}{16}$ $\frac{f}{23}$ $\frac{f}{32}$ $\frac{f}{45}$

3. Wenn der wirksame Durchmesser der Maximalblende nicht einem der Ausdrücke dieser Reihe entspricht, so wird die Maximalblende durch ein konventionelles Zeichen gekennzeichnet, das vorzugsweise ein Punkt ist. Der Wert des wirksamen Durchmessers dieser Blende wird unter den auf der Montierung eingravierten Angaben eingetragen.

4. Die Fabrikanten geben in ihren Preisverzeichnissen für jede Reihe von Objektiven den Wert des Koeffizienten des wirksamen Durchmessers an und die Versuchslaboratorien übernehmen regelmäßig die Kontrolle dieser Koeffizienten unter die Arbeit, welche die Prüfung der Objektive in sich schließt.

5. Von den Optikern ist zu fordern, daß sie hinsichtlich der Inschriften, welche sie auf der Montierung anbringen, eine möglichst einheitliche Anordnung folgender Art treffen:

a) Name des Fabrikanten und Ort der Fabrikation; b) charakteristischer Namen des Typus des Objectives; c) relativer wirksamer Durchmesser der größten verwendbaren Blende; d) absolute Brennweite; e) Ordnungsnummer; f) die Stellung, welche die Knotenpunkte einnehmen.

II. Objektive mit veränderlicher Brennweite.

1. Die Kommission läßt die Konstrukteure ein, die Anordnungen zu erforschen und anzunehmen, welche gestatten, auf diese Instrumente die vorstehenden Regeln auszudehnen.

2. Provisorisch können die Blenden von Objektiven mit multiplen Kombinationen durch den Wert ihrer effektiven Durchmesser ausgedrückt in Millimeter charakterisiert werden, jedoch muß jedem Objektiv eine Übertragungstabelle beigegeben werden, die für jede Blende und für jede Brennweite den entsprechenden Wert von $\frac{f}{n}$ und außerdem den von n^2 angibt. Die größte nutzbare Blende für jede Kombination wird auf der Montierung durch ein unterscheidendes Zeichen angegeben.

Praktische Anweisungen für die Anwendung dieser Beschlüsse:

Zur Einrichtung einer Reihe von Blenden entsprechend den vorstehenden Regeln müssen die Konstrukteure die absolute Brennweite des Objectives, also f , und den Koeffizienten des wirksamen Durchmessers, nämlich k , innerhalb der für den Wert der Brennweiten zulässigen Grenzen kennen.

Zur Ermittlung des Koeffizienten des wirksamen Durchmessers wird die Methode nach Steinheil empfohlen (s. u.).

Bei Objektiven mit verschiedener Brennweite wird es genügen, die effektiven Durchmesser proportional im Verhältnis zu den Brennweiten zu vermindern.

Zur Bestimmung des Wertes $\frac{f}{n}$, welcher die Maximalblende auszeichnet, genügt es, den effektiven Durchmesser zu messen und ihn mit dem Koeffizienten des wirksamen Durchmessers zu multiplizieren. Indem man dieses Produkt durch die Hauptbrennweite dividiert, erhält man den Wert von n .

Wenn z. B. bei einem Objektiv, für welches $f = 225$ mm und $k = 1,2$ ist, man als wahre wirksame Öffnung der Maximalblende 28 mm findet, so ist:

$$n = \frac{225}{28 \times 1,2} = \frac{225}{33,6} = 6,7$$

und die Maximalblende ist mit $\frac{f}{6,7}$ zu bezeichnen.

Unter Maximalblende ist in vorstehendem die größte Blende gerechnet, für welche der Optiker die Schärfe des Bildes auf die ganze Ausdehnung der lichtempfindlichen Fläche garantiert. Es kommt jedoch oft vor, daß das Objektiv unter besonderen Verhältnissen mit Vorteil für eine größere Öffnung wirksam ist. Hin-

Relative Blendenöffnung ausgedrückt in Bruchteilen der Brennweite	Pariser Kongreß Blendennummer	Dallmeyer-Stolze Blendennummer	Zeiss Blendennummer
$f: 3,16$	$\frac{1}{10}$	1	1002
$f: 4$	$\frac{1}{6}$	1,6	625
$f: 5$	$\frac{1}{4}$	2,5	400
$f: 6$	$\frac{1}{3}$	3,6	278,0
$f: 6,3$	$\frac{4}{10}$	4,0	256,0
$f: 7$	$\frac{1}{2}$	4,9	204,0
$f: 7,7$	$\frac{6}{10}$	6	169,0
$f: 8$	$\frac{2}{3}$	6,4	156,0
$f: 9$	$\frac{8}{10}$	8,1	128,0
$f: 10$	1	10	100,0
$f: 10,3$	1,06	10,6	96,0
$f: 11$	1,2	12	83,0
$f: 12$	1,5	14,4	69,0
$f: 12,5$	1,56	15,6	64,0
$f: 14$	2,0	19,6	51,0
$f: 14,4$	2,07	20,7	48,0
$f: 15,5$	2,4	24,0	42,0
$f: 17,5$	3,0	30,6	32,6
$f: 18$	3,24	32,4	32,0
$f: 20$	4,0	40	25,0
$f: 21,9$	4,8	48	20,9
$f: 22,5$	5,0	50,6	19,7
$f: 25$	6,25	62,5	16,0
$f: 31$	9,6	96	10,4
$f: 32$	10,0	102,4	9,7
$f: 36$	13,0	130	8,0
$f: 43,8$	19,2	192	5,2
$f: 50$	25,0	250	4,0
$f: 62$	38,4	384	2,6
$f: 70$	49,0	490	2,04
$f: 71$	50,4	504	2,0
$f: 87,6$	76,8	768	1,3
$f: 100$	100	1000	1,0

sichtlich der Werte für n^2 , welche den regelmäßigen Blenden entsprechen, werden die Zahlen empfohlen:

1 2 4 8 16 32 64 128.

Es sind dies also lauter Potenzen der Zahl 2:

2^0 2^1 2^2 2^3 2^4 2^5 2^6 2^7 .

Was die der Gradeinteilung zu gebende Anordnung in dem zumeist sehr allgemeinen Fall der Irisblende betrifft, so kann man sich dieselbe vereinfachen, indem man nicht für jede Blende den Zähler des charakteristischen Bruches wiederholt, sondern die Einteilung in der folgenden Form angibt:

$f: 1$ 1,4 2 2,8

Wenn die Anordnung der Montierung es gestattet, zugleich mit den Werten $\frac{f}{n}$ die Werte n^2 einzutragen, so ist es von Vorteil, die beiden Reihen von Zahlen auf je einer Seite des Ringes, der die Irisblende führt, einzugravieren. Die Kommission

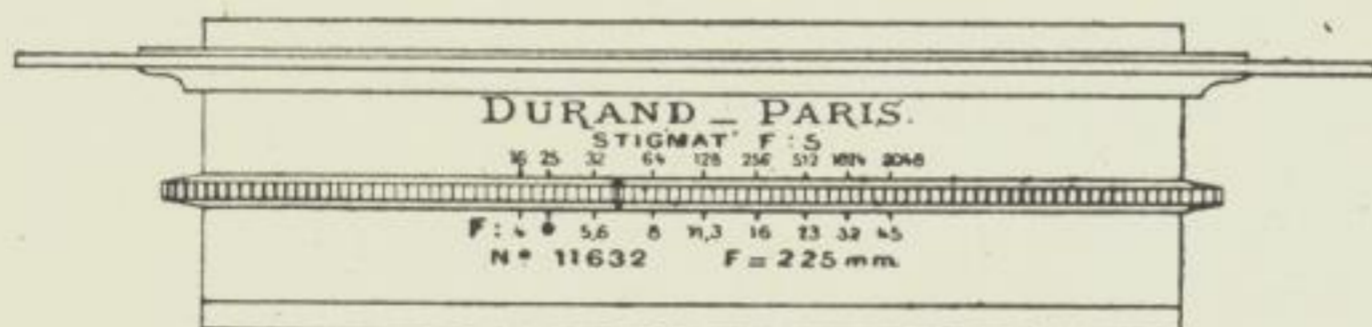


Fig. 217.

hat beschlossen, daß diesem Bericht eine Anordnung der Inschriften entsprechend den aufgestellten Regeln in vorstehender Form (s. Fig. 217) beigegeben werden soll.

Überführung einer Blendenummerierung von einem System in ein anderes:

Ist die Blendenummer nach einem System bekannt und will man die Blende nach einem anderen System berechnen, so braucht man nur nach folgenden Formeln aus der Blendenummer des bekannten Systems die relative Öffnung zu suchen und daraus dann die Blendenummer des anderen Systems zu berechnen.

I. Pariser Kongreß:

$$\begin{aligned} \text{Relative Öffnung } (d) &= 100 \sqrt{\text{Blendenummer}} \\ \text{Blendenummer} &= d^2 : 100. \end{aligned}$$

II. Dallmeyer-Stolze:

$$\begin{aligned} \text{Relative Öffnung } (d) &= 10 \sqrt{\text{Blendenummer}} \\ \text{Blendenummer} &= d^2 : 10. \end{aligned}$$

III. Zeiss:

$$\begin{aligned} \text{Relative Öffnung } (d) &= 100 : \sqrt{\text{Blendenummer}} \\ \text{Blendenummer} &= 10000 : d^2. \end{aligned}$$

Nach diesen Formeln ist vorstehende Tabelle (S. 203) von Th. J. Placzek berechnet worden, deren Gebrauch sich von selbst ergibt.

VIERZEHNTE KAPITEL.

BEFESTIGUNG DER OBJEKTIVE AM RING UND AM OBJEKTIVBRETT.

Gelegentlich des Pariser internationalen photographischen Kongresses im Jahre 1889 wurde folgende Art zur Befestigung verschiedener Objektive an die Kamera empfohlen.¹⁾

Für Objektive von gebräuchlichen Größen dienen Objektivringe von nachstehenden Nummern und äußerem Durchmesser:

Nummer	1	2	3	4	5
Durchmesser in mm	40	50	75	100	125.

Die Objektivbretter der Kameras tragen entsprechende Ringe, in welche sich obige Objektivringe einschrauben lassen. Die Entfernung der Objektive kann beliebig sein, jedoch soll der Objektivring in obige Serie passen. Der Schraubengang der Ringe von Nr. 1 bis 4 ist 1 mm, bei Nr. 5 ausnahmsweise $1\frac{1}{2}$ mm; die Gewinde entsprechen einem Schnitt eines abgestumpften gleichseitigen Dreieckes. Für sehr kleine Objektive wird die Montierung wie bei mikroskopischen Objektiven empfohlen; z. B. ein Objektivring von 20 mm Durchmesser (Nr. 0) hätte ein Gewinde von 0,71 mm.

Als Normalmaße für Objektivbretter wurden die Größen 8×8 , 12×12 und 20×20 cm auf dem Pariser Kongreß angenommen, die ersteren 5 mm, die letzteren 7 mm dick.

Für die Objektivfassungen und Ringe wurden dagegen bei der photographischen Konvention in Chester (s. o.) durchweg Maße in englischen Zoll akzeptiert. Die Objektive sollen folgende Schraubengewinde tragen:

Durchmesser des Gewindes in Zoll	Anzahl der Gewinde per Zoll	Durchmesser des Gewindes in Zoll	Anzahl der Gewinde per Zoll
1	24	2 $\frac{1}{2}$	24
$1\frac{1}{4}$	24	3	24
$1\frac{1}{2}$	24	3 $\frac{1}{2}$	12
$1\frac{3}{4}$	24	4	12
2	24	5	12

1) Eders Jahrbuch f. Photographie für 1890. S. 261. Bull. Soc. franç. Phot. Paris. 1890. S. 100.

Zum raschen Auswechseln sind besonders sog. Bajonettverschlüsse an Stelle der Schraubengewinde an Objektiven und Objektivringen zu empfehlen.

Diese Art der Befestigung der Linsen im Objektivring ist sehr alt und wurde sehr lange Zeit sowohl von französischen wie deutschen Optikern angewendet, z. B. von Français (Paris), Dr. Steinheil (München), Suter (Basel) bei ihren kombinierten Objektivsätzen.

Der Pariser photographische Kongreß 1889 empfahl besonders Moltenis System des Bajonettverschlusses, welches in folgendem besteht: Der äußere Ring (Fig. 218) ist am Objektivbrett festgeschraubt und hat einen schrägen Einschnitt für den eingreifenden Bajonettverschluß (Fig. 219a). Das Objektiv ist am unteren Ende an eine (innen geschwärzte) Scheibe (aus Metall) befestigt (Fig. 219), welche gerade in den Ring Fig. 218 paßt und durch Daraufstecken und Drehen des Ringes Fig. 219a festgehalten wird. Wirklich eingebürgert haben sich weder dieser Bajonettverschluß noch die oben vorgeschlagenen Ringe.



Fig. 218.

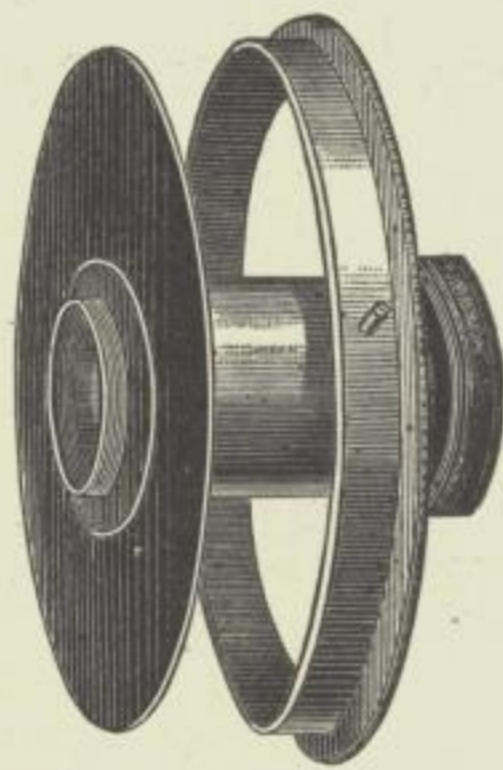


Fig. 219. Fig. 219a.

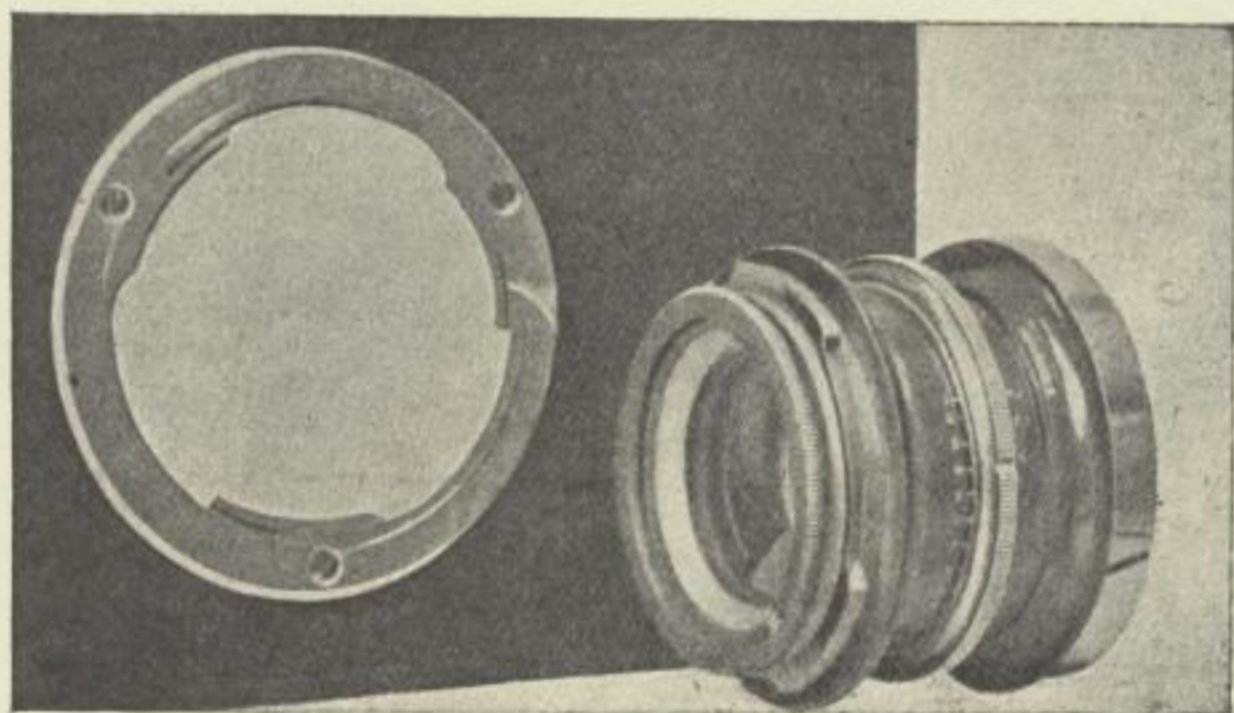


Fig. 220.

Bei der Schnellfassung von G. Rodenstock in München (D. R. G. M. 231074) haben sowohl der Objektivring wie der hintere Tubusteil (siehe Fig. 220) statt der üblichen Schraubgewinde drei hervortretende Segmente

und drei Ausschnitte. Nachdem man das Objektiv so in den Ring gesteckt hat, daß dessen Segmente in die Ausschnitte der hinteren Objektivfassung greifen, genügt eine kleine Drehung nach rechts, um das Objektiv mit dem Ring fest zu verbinden. Eine kleine Drehung nach links trennt das Objektiv wieder vom Ring.

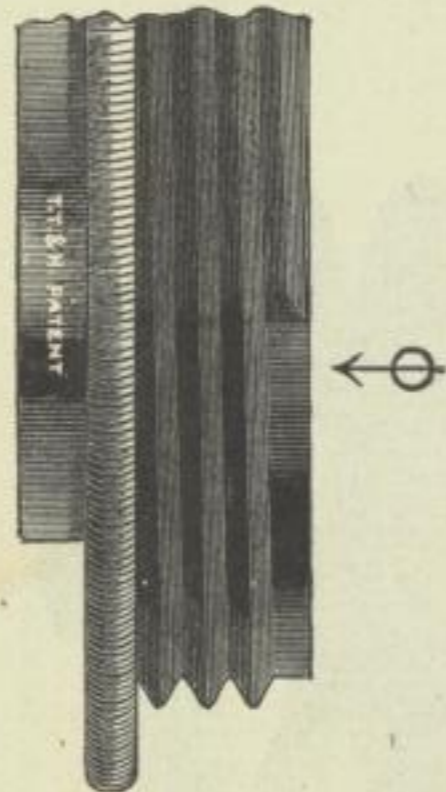


Fig. 221.

Objektivringe. Die Optiker Taylor und Hobson in Leicester und London versehen ihre Objektive bzw. Objektivringe mit neuen patentierten Gewinden, welche an markierten Punkten rasch eingesetzt werden können (s. Fig. 221)¹⁾ und in bestimmten Durchmessern ($1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, $1\frac{3}{4}$ usw. engl. Zoll) erzeugt werden. Durch Ineinanderschrauben mehrerer solcher Ringe können ganz kleine Objektivringe eingesetzt werden.

G. Rodenstock in München bringt einen neuen Objektivring „Monachia“ in den Handel. Der Ring ist wie eine Irisblende konstruiert und ist in Verstellbarkeiten von 25 : 45 bis 25 : 130 mm zu haben.

Um deshalb Gelbfilter bei Objektiven mit verschiedenem Rohrdurchmesser verwenden zu können, bedient man sich sogenannter Klemmfassungen. Dies sind Fassungen, in welche das Gelbfilter ein-

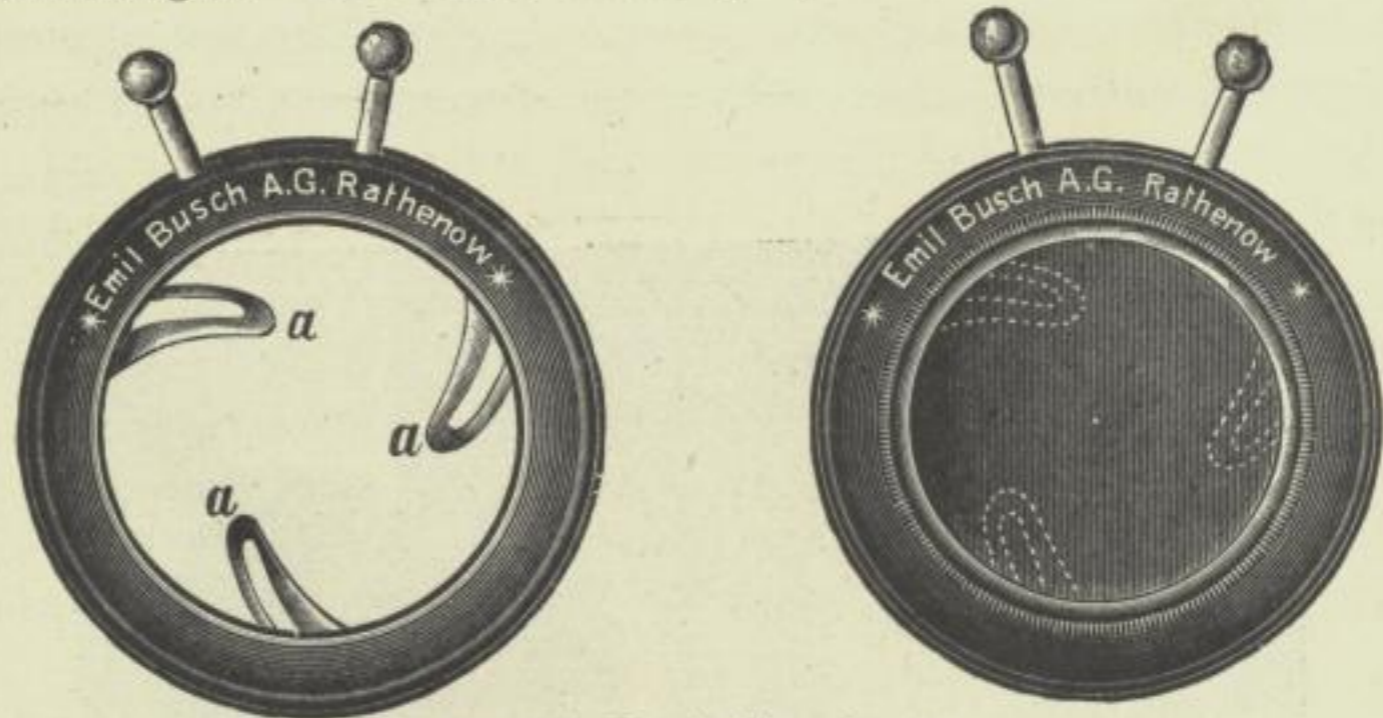


Fig. 222. Buschs Klemmfassung.

geschraubt wird, während sie selbst ähnlich den Irisblendenobjektivringen auf die Sonnenblende des Objektivs aufgeklemmt werden.

Solche Klemmfassungen werden von den Firmen Busch (Fig. 222)²⁾, Lumière, Rodenstock u. a. ausgeführt.

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1902. S. 354.

2) Eders Jahrb. f. Phot. 1908. S. 361.

FÜNFZEHNTE KAPITEL.

PRÜFUNG UND WAHL DER OBJEKTIVE.

I. Beschaffenheit der Linse und ihrer Fassung.

Zur guten Ausführung eines Objektivs gehört vor allem die Wahl eines möglichst farblosen¹⁾ und homogenen Glases, das nicht an einzelnen

1) Verwendung gefärbter Linsengläser. Das einfachste Mittel, um eine Linse oder ein Linsensystem zu achromatisieren, bestünde darin, daß man vor dieselbe eine parallelwandige Glaswanne, in welcher sich eine ammoniakalische Kupferlösung befindet, aufstellt; dieselbe läßt nur Blau durch, gibt also kein farbig gesäumtes Bild, absorbiert aber viel Licht, weshalb dieses Mittel nicht gebräuchlich ist. Ein ganz ähnlicher Vorschlag findet sich schon bei Halleur 1853 (Halleur, Die Kunst der Photographie. 1853. S. 32); er wollte violette Glaslinsen oder, da diese zu schwierig zu beschaffen sind, ein sehr dünnes, genau nach demselben Krümmungshalbmesser geschliffenes Glas vorn an dem Objektiv anbringen. In der „Praktischen Anleitung zum Daguerreotypieren“ (Leipzig, 1843) S. 83 findet sich empfohlen, vor die Gläser des Objektivs ein Stück blaues Glas hinzuhalten, sobald eine von der Sonne stark beschienene Landschaft aufzunehmen ist; das Bild soll einen „schönen und zarten Ton“ (auf Daguerreotypplatten) bekommen. Burnett erwähnte 1857 nochmals, daß die Ersetzung der zusammengesetzten achromatischen Linsen durch blaue oder violette Linsen (oder durch eine farblose Linse mit einem Stück passend gefärbten Glases in die Diaphragmenöffnung eingeschoben) vorteilhaft sei, namentlich wegen der Entfernung der gelben und roten Strahlen, welche das Bild zu verderben suchen und oft die Wirkung der chemischen Strahlen verzögern (Phot. Notes. 1857. S. 182), welche letztere Ansicht aber ganz falsch ist, obschon sie 1876 von Scotellari wieder behauptet wurde (Scotellari, Nouveaux mode d'éclairage. 1876). Es wurde nämlich nachgewiesen, daß ein farbloses Objektiv ein Bild auf nassen Jodbrom-Collodionplatten in 10 Sekunden gibt, während nach Verschieben eines blauen Glases 15 Sekunden eines violetten 20 Sekunden nötig sind (Philadelph. Phot. 1877. S. 49).

Auch grünlich gefärbte Linsen fanden vor Jahren ihren Fürsprecher, indem durch ihre Verwendung Landschaftsphotographien naturwahrer (?) und die Bildfläche gegen den Rand zu gleichmäßiger erhellt erscheinen sollte. Auch dieser Vorschlag gewann keine Bedeutung für die Praxis.

Stellen andere Dichtigkeit besitzt.¹⁾ Es müssen die Gläser genau zentrisch und die Flächen gut sphärisch sein.

Eine nicht vollkommen polierte Oberfläche ist der Brillanz des Bildes sehr schädlich, denn es wird von den mehr oder weniger matten Oberflächen der Linsen nach allen Seiten, folglich auch in die Kamera hinein, diffuses Licht reflektiert, und zwar um so mehr, je unvollkommener die Politur ist.

Das Vorhandensein einiger Luftblasen im Glase der Linsen ist ganz ohne Einfluß auf die Güte derselben.

Der berühmte Optiker Fraunhofer soll einmal auf die Klage, die gegen eines seiner Fernrohrobjektive wegen solcher Bläschen geführt wurde, geantwortet haben: Er habe das Glas zum Durchsehen und nicht zum Ansehen übersendet.²⁾

Man kann sogar mit zerbrochenen und wieder zusammengesetzten Linsen (wenn sie wieder zentrisch gekittet sind) fast so gut arbeiten, wie mit einer unverletzten, selbst wenn ein Stück daraus ganz fehlt; bei einer ganz korrekten Linse gibt jeder einzelne Teil dasselbe Bild, wie die ganze Linse, nur wird es natürlich lichtschwächer, wenn nur ein Teil der Linse benutzt wird.³⁾

Sollte sich auf der Oberfläche der Linse eine Schramme mit rauhen Rändern finden, so fauche man einen feinen Pinsel in schwarzen Firnis und fahre damit über die Schramme hin. Der kleine Verlust an Licht, den man dadurch erleidet, fällt nicht ins Gewicht gegen den Gewinn, daß man die der Brillanz des Bildes schädliche, von der Schramme ausgehende Reflexion von diffusem Licht vermeidet.

Zum Reinigen der Gläser bediene man sich ausgewaschener Baumwollstoffe, welche besser als Leder oder Leinwand sind.

Was die Fassung der Linsen anbelangt, so ist zu bemerken, daß die Metallteile innen mattschwarz sein müssen, um das Entstehen von Lichtreflexen zu vermeiden. Aus diesem Grunde sollen auch die Blenden geschwärzt sein.

Beim Einschrauben der Linse in ihre Fassung muß man Sorge tragen, daß die Gewinde genau ineinander passen und nicht übermäßig angezogen werden, denn jede Pressung beeinflußt die optischen Eigenschaften der Linsen.⁴⁾ Es kommt vor, daß ganz korrekte Linsen durch

1) Vergl. hierüber Steinheil (Eders Jahrbuch f. Phot., II. Jahrg., S. 389) Schott (ibid. IV. Jahrg., S. 215), Fritsch (ibid. S. 11) und Schott (ibid. IV. Jahrg., S. 266).

2) Martin, Handbuch der Photographie. 1854. S. 9.

3) Phot. Mitt. 1880. Bd. 17, S. 56.

4) Phot. News. 1880. S. 385.

gewaltsames Aufschrauben des Ringes auf ein nicht ebenes Objektivbrett so verbogen werden, daß man kein scharfes Bild mehr erhält.

Um die Anwesenheit störender Reflexe bei einem Objektiv zu entdecken, muß man die matte Scheibe aus der Kamera entfernen und von hinten durch das Objektiv hindurchblicken, indem man den Kopf, der, wie gewöhnlich beim Einstellen, mit einem dichten Tuch überdeckt ist, hin und her bewegt. Entdeckt man dabei irgend einen Glanz auf der inneren Wand der Fassung, so hat man die glänzenden Stellen der Fassung mit einem schwarzen matten Firnis zu überdecken.

II. Leitende Gesichtspunkte bei der Prüfung der Objektive.

Beim Prüfen und Wählen der photographischen Objektive sind folgende Punkte zu beachten:

1. Feststellung der guten Zentrierung.
2. Bestimmung der Brennweite (beziehungsweise der Lage der beiden Hauptpunkte).
3. Bestimmung der wirksamen Öffnung und relativen Helligkeit der Objektive (beziehungsweise der relativen Belichtungszeiten).
4. Prüfung auf Achromasie (Ermittlung von eventuell vorhandener Fokusdifferenz).
5. Prüfung auf Deutlichkeit des Bildes, eventuell auf Kugelgestaltsfehler (sphärische Abweichung).
6. Probe über das richtige Zeichnen der Objektive.
7. Bestimmung der Form der Bildfläche.
8. Probe auf Astigmatismus.
9. Falsches Licht und heller Fleck im Bilde.
10. Bestimmung des Gesichtsfeld- und Bildwinkels.
11. Plattengröße, welche ein Objektiv mit und ohne Blende deckt.
12. Tiefe der Bilder.

Diese Zusammenstellung dient als Übersicht über die verschiedenen Faktoren, welche die Brauchbarkeit eines photographischen Objektivs bedingen; im folgenden ist dies ausführlicher behandelt.

1. Feststellung der guten Zentrierung.

Als ein praktisches Mittel, um die gute Zentrierung eines Objektivs ohne besondere Apparate festzustellen, gibt Dr. A. Mieth (Eders Jahrb. 1892. S. 69) folgende Methode an:

Man schraubt das zu untersuchende Objektiv an eine passende Kamera mit langem Auszug, befestigt ihm senkrecht gegenüber eine versilberte Glaskugel von 2 bis 5 cm Durchmesser auf einer dunklen Fläche und stellt diese Kugel oder vielmehr das Spiegelbild eines hellen

Gegenstandes auf ihr scharf ein. Je länger man den Auszug wählen kann und je näher man der Kugel geht, um so besser ist die Probe. Man fixiert auf der Visierscheibe die Lage des hellen Bildchens und dreht das Objektiv in seinem Fassungsring. Ist das System in sich gegen den Fassungsring wie jede einzelne Linse zentriert, so steht das Bild beim Drehen vollkommen still. Andernfalls beschreibt es einen kleinen Kreis um einen gewissen Punkt. Aus der Lage dieses Kreises und der Veränderung der Lage desselben beim Drehen der Einzellinsen mit ihren Fassungen kann man erkennen, welche Linse „schlägt“ oder, ob das ganze System gegen den Ring schlecht „läuft“.

Viel genauer ist natürlich die Probe mittels der Spiegelbilder an den einzelnen Flächen (s. Prüfung mittels optischer Bank).

2. Bestimmung der Brennweite.

Stellt man mit einem Objektiv einen sehr weit entfernten Gegenstand ein (z. B. die Sonne), so vereinigen sich die Strahlen in einer gewissen Entfernung hinter der Linse zu einem scharfen Bildchen.

Die Ebene, in welcher dieses Bildchen entsteht, heißt Brennebene. Diese steht senkrecht auf der Verbindungslinie der Linsenscheitel, welche optische Achse genannt wird. Der Schnittpunkt der optischen Achse mit der Brennebene heißt Brennpunkt.

Bei jedem Linsensystem befinden sich auf der optischen Achse zwei Punkte, welche die Eigenschaft haben, daß die Strahlen, die nach dem einen Punkte zielen, aus dem anderen Punkte parallel zur ursprünglichen Richtung austreten, so daß ein solcher Strahl keine Ablenkung sondern nur eine Parallelverschiebung erfährt. Die Strahlen werden Hauptstrahlen und die beiden erwähnten Punkte der erste und zweite Hauptpunkt genannt. Auf Hauptstrahlen wirkt also ein Linsensystem wie eine planparallele Platte, deren Dicke gleich der Entfernung der beiden Hauptpunkte ist. Die Entfernung des Brennpunktes vom zweiten Hauptpunkte heißt „Brennweite“. Die Mitte zwischen den beiden Hauptpunkten pflegt man mit dem Namen „optischer Mittelpunkt“ zu bezeichnen und die Brennweite häufig von diesem bis zum Brennpunkt zu rechnen, wenn es sich nicht um ganz genaue Messungen handelt.

A. Gewöhnliche Methode zur Bestimmung der Brennweite.

1. Durch Einstellung auf Unendlich und gleiche Größe.

Man benutzt hierbei die Eigenschaft der Sammellinsen, daß 1. unendlich weit entfernte Gegenstände sich im Brennpunkte abbilden; 2. daß Gegenstände, deren Bild auf gleiche Größe eingestellt wird, sich in doppelter Brennweite vor der Linse und 3. das Bild in doppelter

Brennweite hinter der Linse befinden. Somit ist die Distanz zwischen den sub 1 erhaltenen und den sub 2 erhaltenen Bildweiten gleich der wahren Brennweite, und zwar ist diese Bestimmung recht genau, sobald die Meßvorrichtungen an der Kamera gut konstruiert sind.

Man stellt also in der Kamera einen sehr entfernten Gegenstand¹⁾ scharf ein und die Stellung des Visierscheibenrahmens auf dem Boden der Kamera wird genau angezeichnet. Sodann wird ohne Verstellung des Objektivs ein Gegenstand so eingestellt, daß das Bild genau so groß ist, wie der Gegenstand selbst. Die Stellung des Visierscheibenrahmens wird wiederum genau markiert. Die Entfernung zwischen diesen beiden Punkten ist die wahre Brennweite des Objektivs.

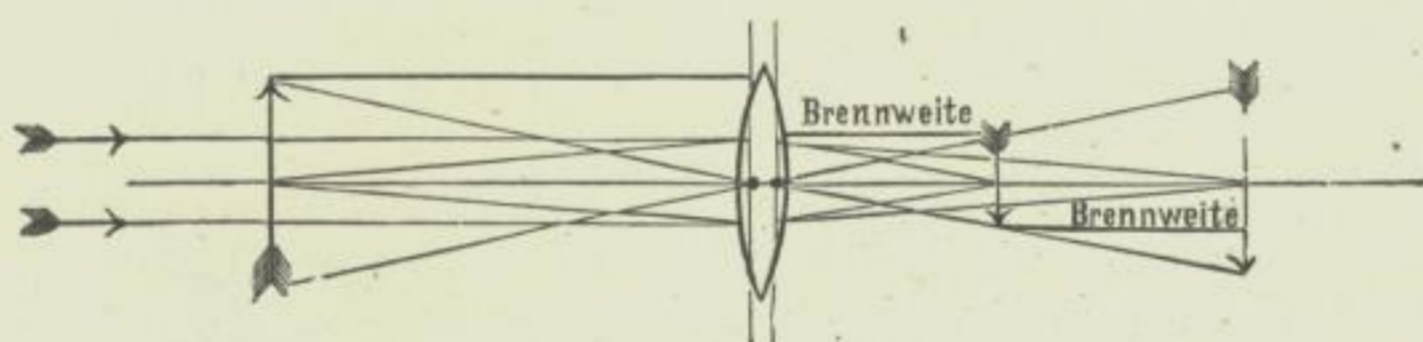


Fig. 223.

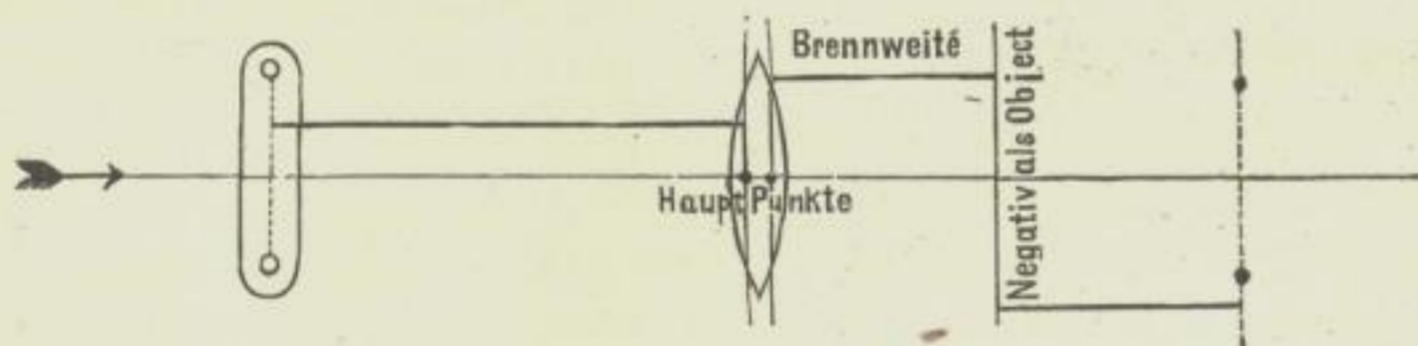


Fig. 224.

Um auf leichte Art das Bild auf der Visierscheibe in gleicher Größe einzustellen, bohrt man in die beiden Enden eines Kartonstreifens zwei feine Löcher, legt den Streifen auf die Visierscheibe, auf welche eingestellt werden soll, und macht durch diese Löcher auf die matte Scheibe zwei kräftige schwarze Bleistiftpunkte. Stellt man nun den Streifen vor der Kamera auf und läßt durch jedes der Löcher eine Lichtflamme scheinen, so erhält man zwei helle Kreise auf der Visierscheibe, welche genau die Bleistiftpunkte treffen müssen, wenn das Bild auf gleiche Größe eingestellt ist.²⁾

Fig. 223 und 224 stellten diese Methode bildlich dar. Als Objektiv ist eine einfache Sammellinse gedacht, deren „Hauptebenen“ in den sog. Hauptpunkten die Achse schneiden. Beide fallen nicht mit dem Mittelpunkt zusammen.

1) Ein Abstand von 300 Brennweiten kann in diesem Falle schon als sehr entfernt gelten.

2) Dr. Schroeder gab ferner ein Mittel an, um mittels eines auf Unendlich eingestellten Fernrohres in einem kurzen Atelier die Ablesung der Einstellung auf Unendlich machen zu können (Phot. Mitt. Bd. 23, S. 257).

2. Durch Einstellung auf gleiche Größe und Division durch vier.

Eine sehr häufig angewendete Methode zur annähernd genauen Bestimmung der Brennweite ist folgende: Man stellt einen Gegenstand (z. B. ein gezeichnetes Quadrat) derartig auf der Visierscheibe scharf ein, daß das Bild auf der matten Scheibe genau die Größe des Gegenstandes hat. Dividiert man die ganze Entfernung des Gegenstandes bis zum Bilde auf der Visierscheibe durch vier, so erhält man die Brennweite, bezogen auf den optischen Mittelpunkt.

Diese Methode der Brennpunktsbestimmung ist nur bei kombinierten Linsensystemen richtig, bei welchen die beiden Hauptpunkte mit dem optischen Mittelpunkte zusammenfallen. Die gefundene Zahl ist in den anderen Fällen kleiner oder größer als die wahre äquivalente Brennweite, je nachdem die beiden Hauptpunkte gekreuzt sind oder nicht.

3. Durch Ausmessen der Bildgrößen bei verschiedener Einstellung.

Da es mitunter schwierig ist, bei der Prüfung von Objektiven den Maßstab naturgroß einzustellen, so empfiehlt Dr. Stolze (Phot. Nachrichten 1890; Photogr. Mitteilung. Bd. 17, S. 55) folgenden Weg: Man nimmt eine Kamera mit einem Auszuge etwa doppelt so lang als die Brennweite des Objectives, stellt mit letzterem auf „Unendlich“ ein und markiert die Stellung der Rückwand der Kamera am Laufbrett. Dann stellt man auf ein Reißbrett ein, welches der Mattscheibe genau parallel gerückt ist und welches einen Maßstab trägt, und macht eine Photographie davon. Diese mißt man genau. Ebenso bestimmt man den Auszug des Rückteiles der Kamera durch eine zweite Marke. Man mißt die Entfernung der beiden Marken (E) und multipliziert sie mit der Größe des Maßstabes (M) und dividiert durch die Größe seines Bildes (B) oder in Gestalt einer Formel: Der Fokus (f) = $\frac{EM}{B}$.

4. Die Methode von Cornu in Paris

gibt die wahre Brennweite eines Objectives gleichfalls mit hoher Genauigkeit und es sei auf die unten angegebene Quelle verwiesen.¹⁾

B. Die Methode der Brennweitenbestimmung von Moëssard²⁾

mittels des Tourniquets ist auf folgender Eigenschaft des Hauptpunktes einer Linse basiert: Die Lage des Hauptpunktes ist konstant für alle Lichtstrahlen, welche unter mäßigem Winkel einfallen, so daß man

1) Journal de Physique. 1877. Bd. 6, S. 276. — Angenommen am Pariser photographischen Kongreß (Rapports 1889. S. 96).

2) Angenommen am Pariser photographischen Kongreß. 1889.

keine Bewegung in der Lage des Bildes eines entfernten leuchtenden Punktes erhält, wenn man die Linse um eine vertikale Achse, welche durch den Hauptpunkt geht, dreht. Hierzu dient das „Tourniquet“, das in Moëssards „Etude des lentilles et objectifs photographiques“ (Paris 1889) beschrieben ist¹⁾ und vom photographischen Kongreß 1889 zur genauen Objektivprüfung empfohlen wurde.²⁾

Mittels dieses Apparates können bestimmt werden:

1. Die wahre Hauptbrennweite und die Lage der Hauptpunkte,
2. Die Gestalt der Hauptbrennfläche und die Fokustiefe oder die Tiefe der Hauptbrennfläche für verschiedene Blenden. Daraus schließt man auf die Ausdehnung des größten und kleinsten Bildfeldes.
3. Der Sinn und der Wert der Distorsion und die Größe des von der Distorsion freien Bildfeldes.
4. Die Lichtintensität an jeder beliebigen Stelle des Bildes und das Feld gleicher Lichtintensität.

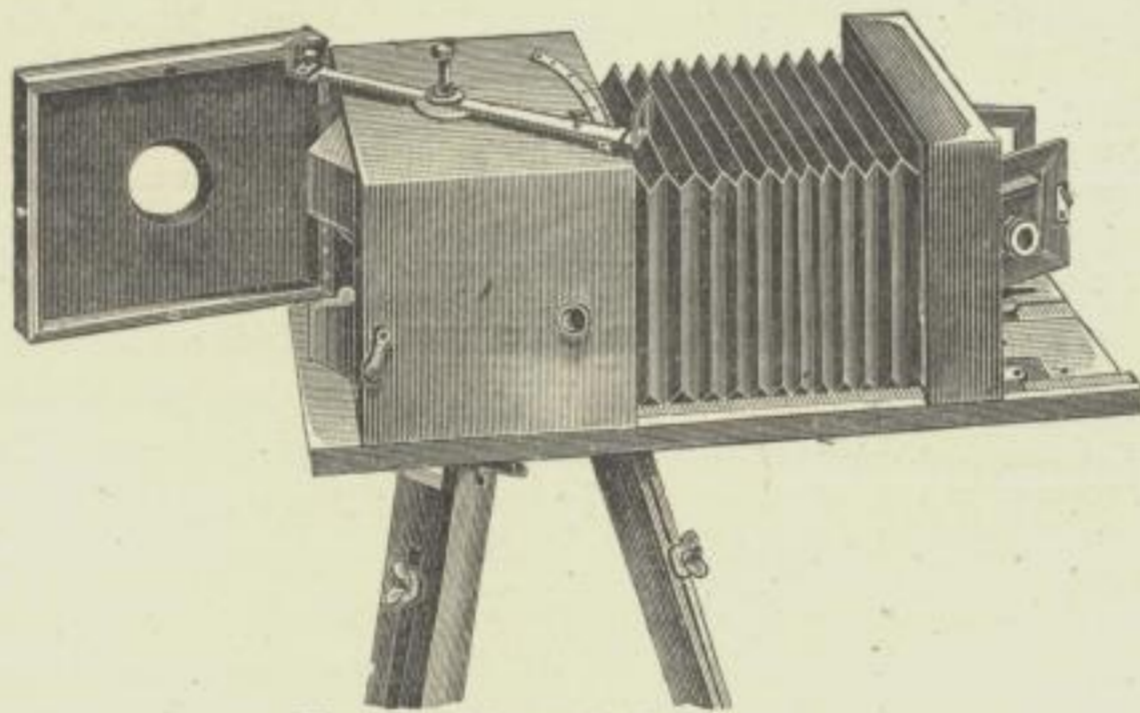


Fig. 225. Moëssards Tourniquet.

Überdies kann man sich im Verlaufe der vorerwähnten Untersuchungen über alle Konstruktionsfehler, welche die Linsen, die Blenden und die Objektivfassung betreffen, leicht Rechenschaft geben.

Prinzip des Apparates. Die Verwendbarkeit des Apparates beruht auf der Tatsache, daß ein horizontal befestigtes, um eine durch seinen zweiten Hauptpunkt gehende vertikale Achse drehbares Objektiv von genügend entfernten Objekten ein Bild liefert, welches während der Drehung des Objectives auf der Visierscheibe unbeweglich bleibt.

Beschreibung des Apparates. Das „Tourniquet“ ist einer gewöhnlichen Kamera ähnlich, s. Fig. 225 und 226, hat jedoch verschiedene spezielle Bewegungs- und Meßvorrichtungen. Das zu untersuchende Objektiv wird an die bewegliche Wand des Rahmens *b* angeschraubt; diese Wand läßt sich mittels der Schraube ohne Ende *VV'* vor- und rückwärts bewegen. Der Rahmen *b* ist um die in einer Vertikalen stehenden Zapfen *RR'* drehbar in dem Kästchen *B* untergebracht; das Kästchen *B*

1) Im Auszuge „Phot. Correspondenz“. 1889. S. 541 und „Pizzighelli, Handbuch d. Phot.“ 1891. S. 90.

2) Congress international de fotogr. Rapports. 1890. S. 31 und 100.

ist mit Ausnahme von zwei gegenüberliegenden kreisförmigen Öffnungen cc' allseitig geschlossen. Auch diese lassen sich durch ein System fester und beweglicher Verschlüsse derart absperren, daß nur jene Lichtstrahlen von c nach c' gelangen, welche durch das Objektiv hindurch gegangen sind. Die durch die Zapfen RR' dargestellte vertikale Drehungsachse wird außerhalb des Kästchens B durch eine in zwei vertikale Spitzen pp' endigende Kurbel MM' in Rotation versetzt. Der Rahmen b kann ohne Reibung innerhalb B eine ganze Drehung vollführen.

Ein Auszug S verbindet das Kästchen B mit einem auf dem Laufbrett Q verschiebbaren Hinterteil H , welcher mittels Zahnstangentrieb P bewegt werden kann. Das Bild wird in der Ebene ee' auf einer Visierscheibe oder auf einem mit dem Okular O versehenen Mikrometer m von $\frac{1}{10}$ mm Einteilung aufgefangen. Der ganze Apparat ruht auf einem festen Dreifußstativ.

Art der Verwendung. — 1. Untersuchung: Bestimmung der Hauptbrennweite und der Hauptpunkte.

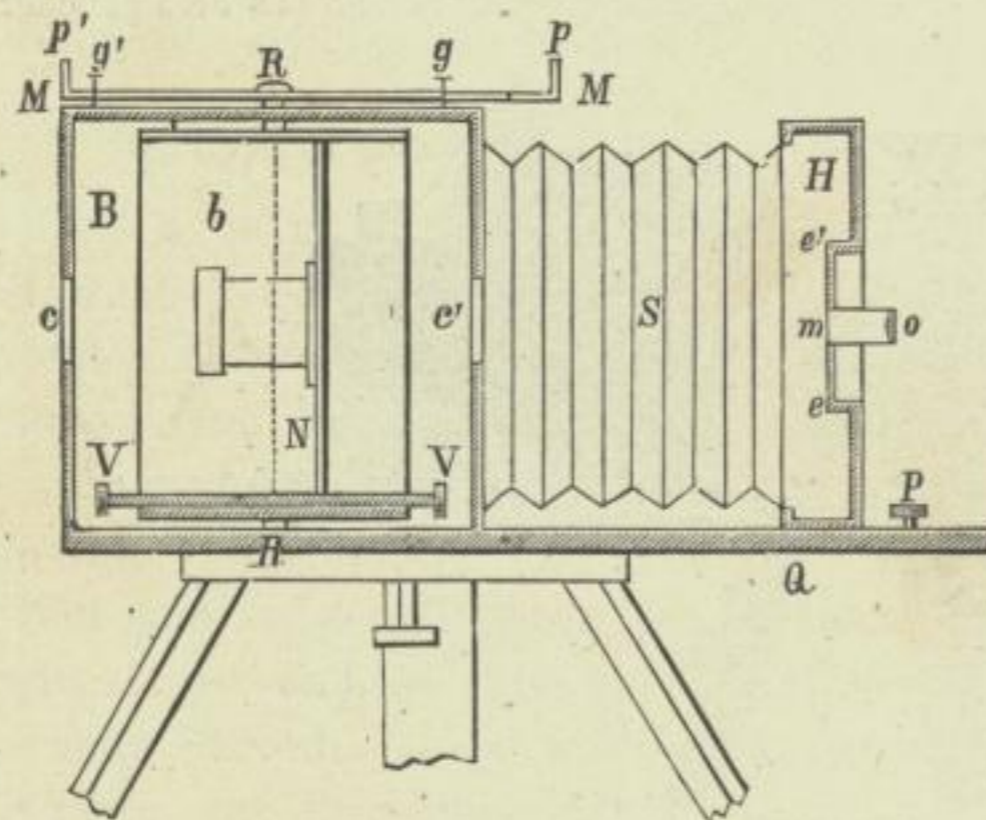


Fig. 226. Moëssards Tourniquet.

Die vordere Wand des Kästchens B läßt sich scharnierartig öffnen. Man führt das Objektiv ein und befestigt es mittels Objektivbrett an die bewegliche Zwischenwand des Rahmens b , analog wie bei einer photographischen Kamera.

Indem man über die Spitzen pp' visiert, richtet man den Apparat auf eine Zielscheibe von der in Fig. 227 dargestellten Art oder einen entfernten Gegenstand, welcher klein ist und sich rein vom Himmel oder vom weißen Hintergrund abhebt.

Man stellt dann auf der Visierscheibe ein, ergreift die

Kurbel bei M und dreht sie (und damit auch das Objektiv) nach rechts und links; bewegt sich nun das Bild auf der Visierscheibe in demselben Sinne wie die Hand, so ist dies ein Zeichen, daß der zweite Hauptpunkt hinter der Achse RR' sich befindet, und man muß mittels der Schraube VV' das Objektiv nach vorwärts rücken lassen. Im entgegengesetzten Falle muß man das Objektiv zurückschieben. Man verändert nach und nach die Stellung des Objectives so lange, bis das Bild auf der Visierscheibe unbeweglich bleibt, ersetzt dann die Visierscheibe durch das Mikrometer und indem man durch das Okular O blickt, korrigiert man die Einstellung in M und die Stellung des Objectives aufs genaueste.

Auf einer Skala mit Nonius von $\frac{1}{20}$ mm des Laufbrettes Q liest man dann die horizontale Entfernung der Achse RR' vom Mikrometer ab. Diese Entfernung ist die wahre Hauptbrennweite.

Um die Lage der Hauptpunkte sichtbar zu machen, werden dieselben auf der Objektivfassung markiert. Hierzu wird durch den Zapfen R , welcher zylindrisch ausgehöhlt ist, ein genau passender Dorn mit zentrierter Spitze eingeführt und mit letzterer auf die Objektivfassung ein Zeichen gemacht. Bei der Lage des Objectives, wie in Fig. 225, bestimmt man auf diese Weise den zweiten Hauptpunkt; dreht man die

Kurbel um eine halbe Drehung und wiederholt die im Vorigen beschriebenen Operationen, so bestimmt man den ersten Hauptpunkt.

2. Untersuchung: Bestimmung der Hauptbrennfläche und Fokustiefe, sowie des ebenen Bildfeldes.

Der Zeiger g , welcher in der Kurbel eingeschraubt ist, bewegt sich auf einem geteilten, auf dem Kästchen B eingelassenen Kreise, mit dem Mittelpunkte in R . Der Nullpunkt entspricht der mittleren Stellung der Kurbel; die Einteilung ist links vom Nullpunkt negativ, und rechts von demselben positiv. Von 10 Grad zu 10 Grad sind im Kreise kleine Vertiefungen angebracht, in welche der Zeiger g eingelassen werden kann, um auf diese Weise die Kurbel in diesen Stellungen zu fixieren.

Zu dieser Untersuchung, wie zu allen folgenden, muß das Objektiv nach der in 1. angegebenen Weise vorerst mit seinem zweiten Hauptpunkte in der Achse RR' eingerichtet werden. Man arbeitet vorerst ohne Blenden, mit der Kurbel auf dem Nullpunkt, und die feine Einstellung mit dem Mikrometer. Hierauf dreht man die Kurbel um 10 Grad, fixiert sie mit dem Zeiger g und wiederholt die Einstellung mittels des Mikrometers. Die Ablesung auf der Skala des Laufbrettes Q gibt die Brennweite für Strahlen, welche unter 10 Grad gegen die optische Achse des Objectives geneigt sind; analog verfährt man für die unter 20 Grad, 30 Grad usw. geneigten Strahlen.

Man erhält auf diese Weise, durch Polarkoordination bestimmt, einen horizontalen Schnitt der Hauptbrennfläche; indem man nun das Objektiv mehr oder weniger um seine optische Achse dreht, erhält man so viele Meridianschnitte dieser Fläche, als man eben wünscht.

Man konstruiert die durch die Polarkoordinaten bestimmten Kurven auf Papier und bestimmt in Graden oder Zentimetern das kleinste ebene Bildfeld. Man wiederholt die zuletzt angegebenen Operationen mit den verschiedenen Blenden, indem man jedoch diesmal die zwei äußersten Stellungen des Mikrometers mißt, bei welchen eine Länge ab oder bc (Fig. 227), deren Bild $\frac{1}{10}$ mm beträgt, noch sichtbar bleibt. Der Abstand zwischen den zwei äußersten Stellungen des Mikrometers ist die Fokustiefe, entsprechend der angewendeten Blende und der Neigung der Lichtstrahlen zur optischen Achse, welche durch den Zeiger g der Kurbel auf den Teilkreis markiert wird.



Fig. 227.

3. Untersuchung: Bestimmung der Distorsion.

Die Distorsion nähert das Bild eines Punktes der Mitte des Bildes oder entfernt es davon, je nach ihrem Sinne, und das um so mehr, je entfernter der Punkt von der Mitte ist.

Daraus ergibt sich, daß in dem Falle, als Distorsion vorhanden ist, das Bild eines Punktes, welcher mit der Mitte des Mikrometers übereinstimmt, wenn die Kurbel auf dem Nullpunkt steht, sich nach rechts oder links bewegen wird, sobald man die Kurbel dreht. Das Maß dieser Verschiebung des Bildes am Mikrometer, für verschiedene Neigungen der Lichtstrahlen angenommen, gibt die Größe der Distorsion, welche eine positive oder äußere ist, wenn die Verschiebung des Bildes der Bewegungsrichtung der Kurbel entgegengesetzt ist, und eine negative oder innere, wenn sie damit übereinstimmt.

Anmerkung. Wenn man in der ersten Untersuchung die Brennweite sucht, werden bei einem Objektiv, welches nicht frei von Distorsion ist, die beiden Bewegungen der Bilder, hervorgerufen durch die Bewegung des Hauptpunktes und durch

Distorsion, übereinanderfallen. Es könnten dadurch Zweifel über die wahre Lage des Hauptpunktes entstehen. Es muß hierzu bemerkt werden, daß man über das Vorhandensein der Distorsion allsogleich durch die Änderung in der Größe des Bildes aufmerksam gemacht wird. Andererseits ist die Bewegung des Bildes, welche dadurch hervorgebracht wird, daß der Hauptpunkt sich nicht in der Achse RR' befindet, veränderlich mit der Stellung des Objectives und immer ein Maximum im Nullpunkt, während die Bewegung, welche von der Distorsion verursacht wird, konstant und ein Minimum im Nullpunkt ist.

Wenn beide Bewegungen übereinanderfallen, ergibt sich keine Schwierigkeit, da man ja gleich weiß, ob man das Objectiv vor- oder zurückschieben muß; wenn sie jedoch einander entgegengesetzt sind, zeigt das Bild beim Bewegen des Objectives eine unregelmäßige Vibration. Die durch den Hauptpunkt erzeugte anfängliche Bewegung in einer Richtung hört plötzlich auf und nimmt dann eine entgegengesetzte, von der Distorsion hervorgebrachte Richtung an. Diese Erscheinung wird dem Beobachter als Richtschnur dienen.

4. Untersuchung: Bestimmung der Helligkeit des Bildes.

Zur Bestimmung der Helligkeit eines jeden Teiles der Bildfläche erhält der in Fig. 225 dargestellte Apparat einige Ergänzungen, welche in Fig. 228 schematisch dargestellt sind.

t ist ein kleines Holzrohr, welches in einem unter 45 Grad geneigten Spiegel endet; letzterer reflektiert in das Okular o des Mikrometers das Licht der Lichtquelle b , welches durch eine kreisförmige Öffnung e von 4 mm Durchmesser hindurchgeht. Der Spiegel nimmt nur die Hälfte des Okularfeldes ein; die andere Hälfte empfängt direkt das Licht einer zweiten Lichtquelle b' , welche durch die Öffnung e' und durch das Objectiv hindurchgeht. Der Durchmesser von e' ist ebenso wie jener von $e = 4$ mm.

e und e' sind zwei kleine Schirme aus Mattglas, welche mit Ausnahme eines sehr kleinen Halbkreises geschwärzt sind; sie sind derart disponiert, daß sie, durch das Okular gesehen, in $e_2 e_2'$ nebeneinander gestellt erscheinen, wie dies in $e_2 e_2'$ angedeutet ist.

Man stellt derart ein, daß das Bild, die Öffnung e' der Lichtquelle b' , auf den vertikalen Durchmesser des durchscheinenden Halbkreises in e' falle. Die beleuchtete Öffnung e' ist in konstanter Entfernung vom Apparate; jene e wird derart genähert oder entfernt, bis die Beleuchtung der beiden Halbkreise e_2 und e_2' die gleiche ist.

Da nun die Lichtquellen bb' , die Öffnungen ee' und die Entfernung r der Öffnung e vom Objectiv konstant sind und nur die Entfernung d der beweglichen Lichtquelle geändert wird, um beide Teile der Kreishälften $e_2 e_2'$ gleich zu machen, da weiter die Helligkeit in e_2 dem Quadrate von d umgekehrt proportional ist, so muß auch die ihr jedesmal gleiche Helligkeit in e_2' in demselben Verhältnisse zu d

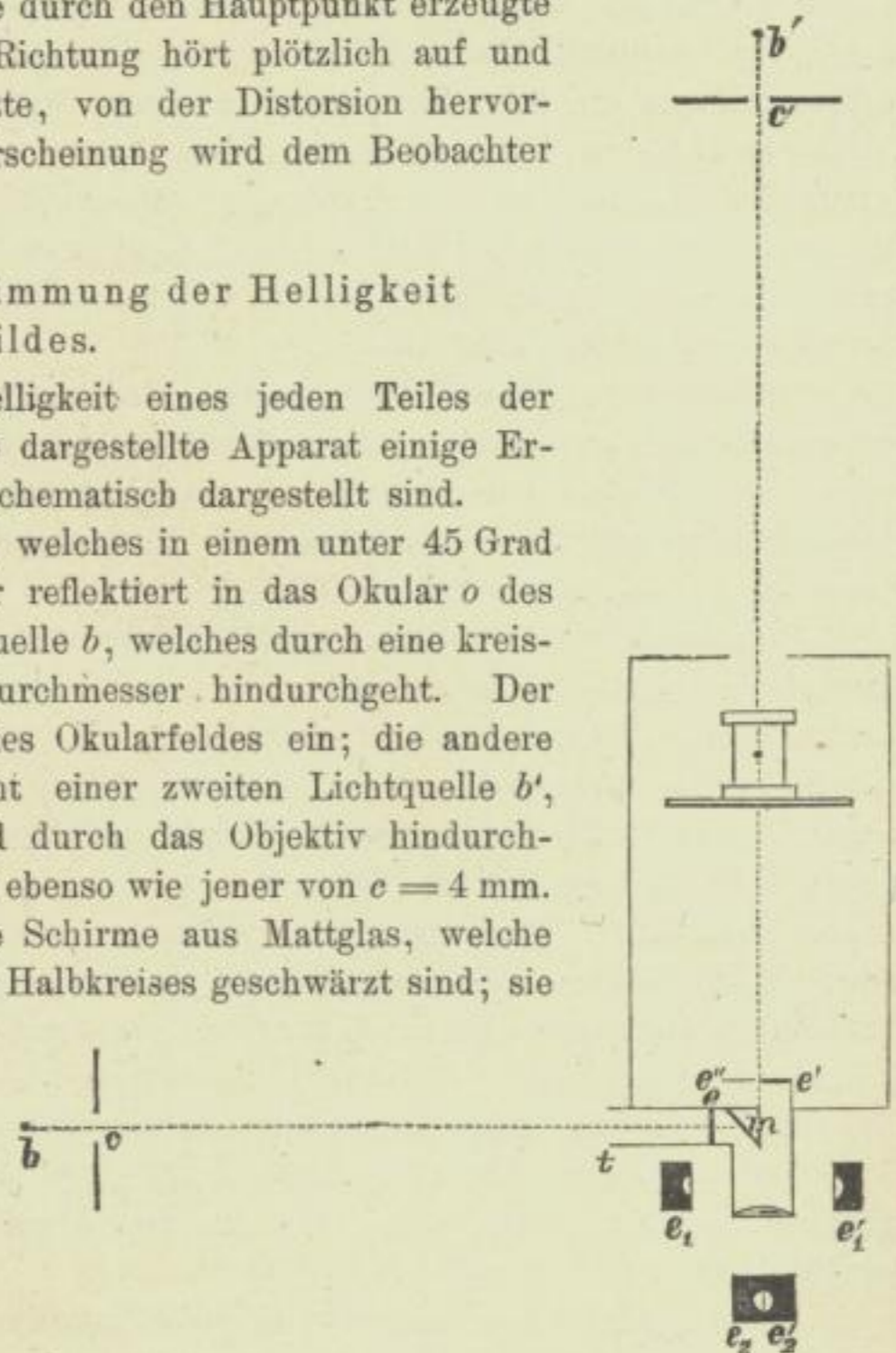


Fig. 228.

stehen. Es wird daher bei verschiedenen Helligkeiten Σ und Σ_1 von e_2' , welche die Entfernungen d und d_1 der Lichtquelle b erfordern, damit die Helligkeit in $e_2 =$ jener in e_2' werde, immer die Gleichung $\Sigma : \Sigma_1 = d_1^2 : d^2$ stattfinden, wovon:

$$\Sigma = \Sigma_1 \frac{d_1^2}{d^2}$$

Setzt man nun z. B. am Beginne der Untersuchung für eine normale Stellung des Objectives und für die größte Blende sowohl die Helligkeit $\Sigma_1 = 1$, als auch die Entfernung $d_1 = 1$, so erhält man für jede andere Stellung oder für jede andere Blende den Wert der Helligkeit immer durch die Gleichung

$$\Sigma = \frac{1}{d^2}$$

ausgedrückt, d. h. die Helligkeit der Flächeneinheit des Bildes ist dem Quadrate der Entfernung der beweglichen Lichtquelle vom Schirme umgekehrt proportional.

Die so erhaltenen Werte sind untereinander nur unter der Bedingung vergleichbar, daß die Lichtstärke der Lichtquelle, die Durchmesser der Öffnungen c und c' und die Entfernung r konstant seien.

Die Messungen nimmt man mit den verschiedenen Blenden vor und bei verschiedener Neigung der Objectivachse. Aus den erhaltenen Werten der Helligkeit der einzelnen Bildteile schließt man auf das Feld von gleicher Helligkeit.

5. Konstruktionsfehler.

In den vorbeschriebenen Untersuchungen kann man verschiedene Variationen wahrnehmen, die Linsen einzeln untersuchen usw. Wenn die Konstruktion des Objectives richtig ist, werden die Resultate der Theorie entsprechen und vollständig symmetrisch bezüglich der Bildachse sein. Der geringste Konstruktionsfehler jedoch wird Anomalien mit sich bringen, deren Ursache der Beobachter bald herausfinden wird.

In neuerer Zeit sind verschiedene Methoden zur Prüfung der photographischen Objektive angegeben worden, so von S. Clay in London, von Prof. J. Hartmann in Potsdam und von Konrad Beck in London.

1. Methode von Clay.¹⁾

Mit den einfachsten Mitteln wird die Bestimmung der Hauptpunkte und der Brennweite, sowie der Bildkrümmung des Astigmatismus, der sphärischen und der chromatischen Aberration gezeigt.

Zur Bestimmung des Hauptpunktes wird das Objectiv in die V förmigen Ausschnitte zweier senkrecht stehender Brettchen (s. Fig. 229) gelegt, die auf einem horizontalen Brett befestigt sind; letzteres trägt in der Verbindungslinie der Fußpunkte der V förmigen Ausschnitte in geringen Abständen Löcher, welche einen auf einem anderen horizontalen Brett angebrachten Zapfen aufnehmen können. Da die Löcher gerade unter der optischen Achse des Objectives angebracht sind, kann man den Hauptpunkt des Objectives bestimmen dadurch, daß man den Zapfen nach und nach in die verschiedenen Löcher einführt und jedesmal bei

1) Siehe Eders Jahrbuch f. Phot. 1902. S. 195.

der Drehung des oberen Brettes das Verhalten des Bildes eines weit entfernten Gegenstandes beobachtet. Man wird finden, daß bei der Drehung um ein bestimmtes Loch das Bild sich am wenigsten verschieben wird und kann diese Verschiebung noch ganz beseitigen, wenn man das Objektiv in den V-förmigen Ausschnitten etwas vorwärts oder rückwärts bewegt. Der Hauptpunkt befindet sich dann gerade über dem Loch, in welchem der Zapfen steckt. Mißt man dann noch die Entfernung des Zapfens von der Mattscheibe, auf welcher das Bild beobachtet wurde, so hat man auch gleich die Brennweite des Objektivs gefunden. Steht nicht viel Raum zur Verfügung, d. h. kann man nicht auf einen sehr weit entfernten Gegenstand einstellen, dann läßt sich das gleiche Verfahren auch in der sogenannten Autokollimation anwenden. Hierzu bringt man vor das Objektiv einen ebenen Spiegel, welcher das aus dem Objektiv austretende Licht wieder in das Objektiv zurückwirft. Geht das Licht von einer in der Brennebene befindlichen Marke aus,

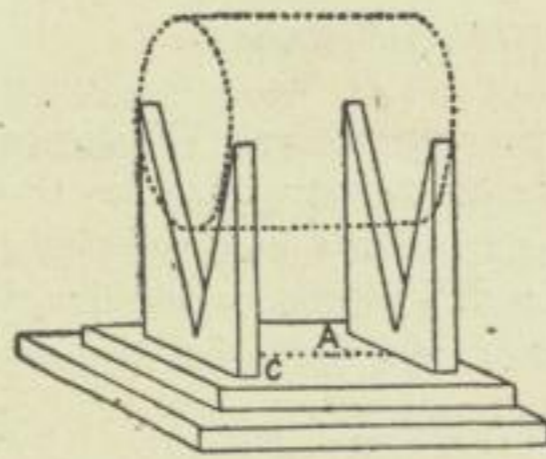


Fig. 229.

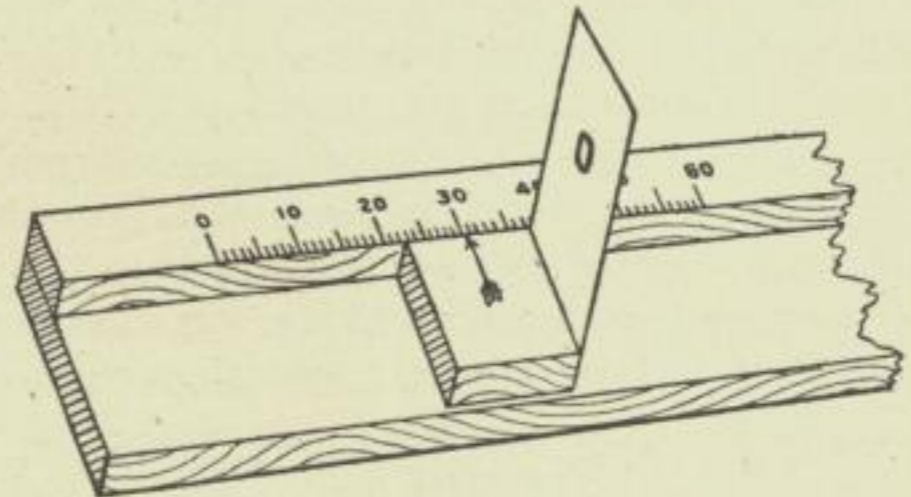


Fig. 230.

so wird das von dem gespiegelten Licht erzeugte Bild wieder in dieser Ebene entstehen nach dem Satz: „Das aus dem Brennpunkt eines Objektivs kommende Licht tritt parallel aus“ und seiner Umkehrung: „Parallel einfallendes Licht wird in dem Brennpunkt des Objektivs gesammelt“. Als Marke wird eine Linienteilung auf dem Glas einer photographischen Platte verwendet, bei welcher an dieser Stelle die empfindliche Schicht entfernt wurde. Durch Änderung der Entfernung des Objektivs von dieser Platte wird man die Stellung finden, in welcher das Bild auch deutlich die Linien zeigt; bestimmt man nun noch mit Hilfe der oben beschriebenen Drehvorrichtung (Knotenschlitten genannt) den Hauptpunkt, so hat man sofort die Brennweite. Voraussetzung ist bei dieser Methode, daß der verwendete Spiegel wirklich vollständig eben ist.

Um die Bildkrümmung des Objektivs zu bestimmen, wird der Spiegel immer ein bestimmtes Stück geneigt, so daß das Bild in einer bestimmten Entfernung von der Mitte des Schirmes entsteht. Die zur

scharfen Einstellung des Bildes notwendige Verstellung des Schirmes wird dann gemessen. Macht man dies stets gleich weit nach beiden Seiten von der Mitte des Schirmes, also z. B. nach links und nach rechts, so sind die gemessenen Verstellungen zu addieren, weil der Fehler nur halb so groß erscheint, als er in Wirklichkeit ist, da bei der Verstellung des Schirmes auch der Gegenstand verstellt wird. Zur bequemen Bestimmung der Schirmverstellung wird der Schirm auf einem Block befestigt, dessen quadratische Oberseite einen Index trägt, welcher an einer geteilten geraden Kante hingeleitet (s. Fig. 230). Als Krümmungskoeffizient wird der Ausdruck bezeichnet:

$$\frac{\text{Fehler} \times \text{Brennweite}}{\text{Entfernung vom Mittelpunkt zum Quadrat}}$$

In ähnlicher Weise wird der Astigmatismus bestimmt. Nur wird dabei das Objektiv um seinen Hauptpunkt um den Winkel gedreht, für welchen man den Astigmatismus bestimmen will. Durch Bewegung des Schirmes wird auf dem in der Mitte desselben entstehenden Bild beobachtet, wann die horizontalen und wann die vertikalen Linien scharf erscheinen, die Differenz der beiden Einstellungen ist dann wieder der halbe Astigmatismus. Als astigmatischer Koeffizient wird

der Ausdruck bezeichnet: $\frac{\text{Fehler}}{\text{Brennweite}}$

Bei der Bestimmung des Kugelgestaltfehlers steht die Objektivachse wieder senkrecht auf Schirm und Spiegel. Die Einstellung geschieht einmal mit starker Abblendung, das andere Mal unter Abdeckung des der Mitte des Objektives gegenüberliegenden Teiles des Spiegels.

Als Koeffizient des Aplanatismus wird wieder bezeichnet: $\frac{\text{Fehler}}{\text{Brennweite}}$

Um mit dem gleichen Apparat die chromatische Aberration zu bestimmen, muß die Einstellung einmal mit einem Rot-, das andere Mal mit einem Blaufilter geschehen, sonst ist alles wie immer. Die Clay-sche Anordnung zeichnet sich durch große Einfachheit aus und wird, solange das zu untersuchende Objektiv keine zu große und keine zu kleine Brennweite hat, auch ziemlich gute Resultate ergeben.

2. Methode von Prof. Hartmann.

Prof. Hartmann benutzt bei seiner Objektivprüfungsmethode eine optische Bank, welche in Fig. 231 dargestellt ist. Sie besteht aus einem auf einer festen Säule ruhenden horizontalen Tisch, welcher nach links die 1 m lange Führung LC und nach rechts einen Kreissektor B von etwa 120° bildet. An diesem Sektor gleitet um die Tischachse C drehbar ein Arm, welcher das astronomische Fernrohr F trägt, so daß

dessen Drehung am Kreissektor abgelesen werden kann. Das Fernrohr kann an seinem Okularende mit einem Fadenmikrometer oder mit einer Vorrichtung zur Aufnahme von photographischen Platten oder mit einem kleinen Spektrographen versehen werden, je nachdem das zu untersuchende Objektiv visuell oder photographisch oder spektroskopisch untersucht werden soll. Auf der Schlittenführung *LC* gleiten der Träger *R*, welcher das zu untersuchende Objektiv aufnimmt und der das Prüfungsobjekt tragende Träger *M*. Auf ersterem ist das Objektiv zentrierbar, eventuell um den Hauptpunkt drehbar, letzterer besteht aus zwei Teilen, dem Lager für eine Mikrometerschraube, welche mittels einer biegsamen Welle vom Okular des Fernrohres aus bewegt werden kann, und aus einem 2. Schlitten, welcher durch diese Mikrometerschraube verschoben werden kann. Dieser trägt die Querschiene

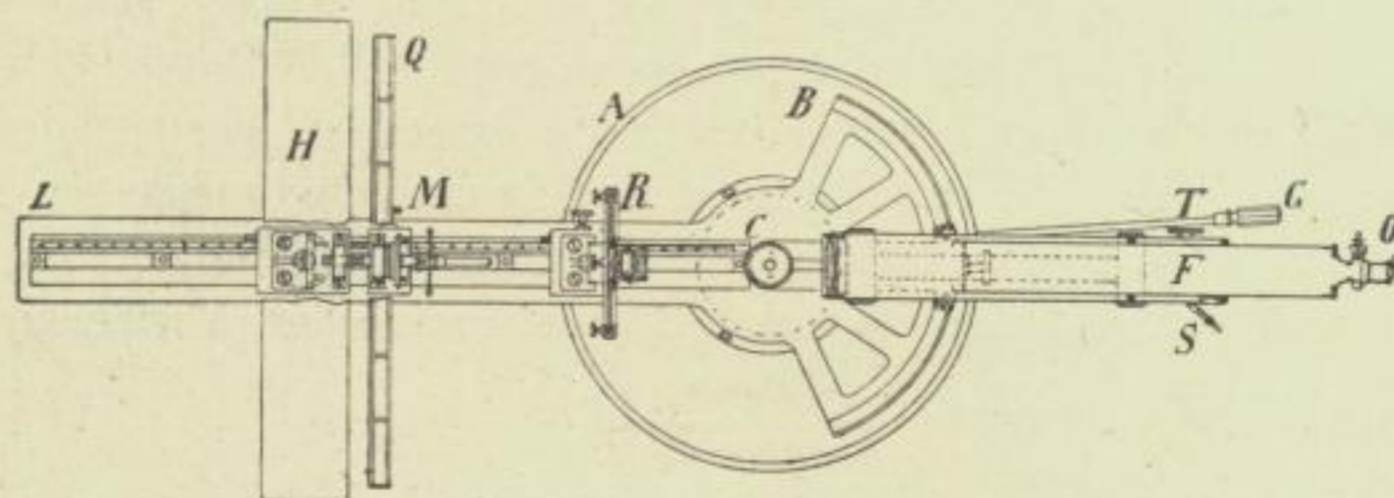


Fig. 231.

Q, auf welcher der das Prüfungsobjekt tragende Rahmen verstellbar ist, und einem Tisch zur Aufstellung einer Lichtquelle.

Diese Anordnung gestattet die Untersuchung eines Objectives nach einer ganz anderen Methode als die gewöhnlich angewandte. Es wird nämlich nicht das von dem zu untersuchenden Objektiv entworfene Bild eines entfernten Gegenstandes auf einer Mattscheibe aufgefangen und ausgemessen, sondern das Bild einer in der Nähe des Brennpunktes des zu untersuchenden Objectives befindlichen Marke wird durch ein verhältnismäßig großes Fernrohr beobachtet und ausgemessen. Dabei läßt sich die Anordnung so treffen, daß die im Fernrohr notwendige Verschiebung, um die etwas verschobene Marke wieder scharf zu sehen, proportional dem Verhältnis der Quadrate der Brennweite der beiden Objective ist. Wenn also die Brennweite des Fernrohrobjectives groß gewählt wird, so müssen die Messungen ungemein genau werden. Nehmen wir z. B. an, die Brennweite des Fernrohrobjectives betrage 1 m und das zu untersuchende Objektiv habe 12 cm Brennweite, dann würde eine Verstellung der Marke um 1 mm eine Verstellung des

Fernrohres um ca. 70 mm erfordern, weil die Verschiebung der Marke mit $\left(\frac{100}{12}\right)^2$ multipliziert werden muß, um die Verstellung des Fernrohres zu geben. Die Einstellung der Marke in den Brennpunkt des zu untersuchenden Objectives kann auf zwei verschiedene Arten bewirkt werden. Wenn man nämlich das Fernrohr auf Unendlich einstellt, braucht man die Marke nur so lange zu verschieben, bis sie in dem auf das zu untersuchende Objectiv gerichteten Fernrohr scharf und ohne Paralaxe gegen das Fadenkreuz erscheint. Wenn man aber die Marke zunächst genähert in den Brennpunkt des zu untersuchenden Objectives stellt, muß man den Auszug des Fernrohres so lange verstellen, bis man die Marke wieder genau in der Fadenebene scharf sieht. Der Fernrohr-auszug trägt nun eine Teilung, auf welcher auch die Einstellung auf Unendlich vermerkt ist, man kann also dort ablesen, um wieviel die Einstellung vom Brennpunkt des Fernrohr-objectivs entfernt liegt, und findet so nach der Formel: $r = -\left(\frac{f}{F}\right)^2 R$ die Entfernung der Marke vom Brennpunkt des zu untersuchenden Objectives. (In der Formel bedeuten F und f die Brennweiten des Fernrohr- und des zu untersuchenden Objectives, R die Entfernung der Einstellenebene von der Brennebene des Fernrohr-objectives und r die Entfernung der Marke von der Brennebene des zu untersuchenden Objectives.)

Auf diese Weise lassen sich unter Benutzung von entsprechenden Absorptionsgläsern die Brennweiten des zu untersuchenden Objectives für verschiedene Farben bestimmen. Man braucht dazu nur mit den einzelnen Absorptionsgläsern die Einstellung des Fernrohres auf Unendlich zu bewirken und dann unter Beleuchtung mit der entsprechenden Farbe die Marke durch Verschieben des zu untersuchenden Objectives scharf einzustellen.

Will man das Objectiv auf Astigmatismus und Bildwölbung prüfen, so benutzt man als Marke zwei Streifen einer einfachen Rasterplatte, die genau plan sind und von welchen der eine nur horizontale, der andere nur vertikale Linien enthält. Das auf Unendlich eingestellte Fernrohr wird wieder auf das zu untersuchende Objectiv gerichtet, die scharfe Einstellung geschieht mit Hilfe der Mikrometerschraube einmal auf die horizontalen, das andere Mal auf die vertikalen Linien. Indem man das Fernrohr auf dem Kreissektor B von 5° zu 5° verstellt und die Marke auf der Schiene Q immer nach der entsprechenden Seite verschiebt, erhält man die beiden astigmatischen Flächen.

Zur Bestimmung der Brennweite des zu untersuchenden Objectives kann man an dem Apparat zwei sonst nicht gebräuchliche Methoden anwenden.

Benutzt man als Marke eine Blende, deren Durchmesser man mikrometrisch genau bestimmt hat, und mißt in dem auf Unendlich eingestellten auf das untersuchende Objektiv gerichteten Fernrohr mit dem Mikrometer den Durchmesser des Bildes der Blende, so ist, wenn f die Brennweite des zu untersuchenden Objektivs, F die des Fernrohr-objektivs, b der Durchmesser der Blende und B derjenige ihres Bildes ist: $f = \frac{F \cdot b}{B}$.

Wendet man bei dem Versuch einfarbiges Licht, z. B. Natriumlicht an, so erhält man die Brennweite für eine bestimmte Farbe.

Bei der anderen Methode stellt man den Faden im Mikrometer des Fernrohres genau auf das Bild einer engen Blende, wenn die optischen Achsen des Fernrohres und des zu untersuchenden Objektivs zusammenfallen. Dann bewegt man die Blende auf der Schiene Q um ein bestimmtes Stück seitwärts und dreht das Fernrohr am Kreissektor so lange, bis der Faden wieder auf das Bild der Blende fällt, während das zu untersuchende Objektiv natürlich nicht gedreht wurde. Dann ist, wenn d die seitliche Verschiebung der Blende und φ den Winkel, um welchen das Fernrohr gedreht wurde, bedeuten: $f = d \cdot \text{ctg } \varphi$.

Diese Gleichung kann auch zur Bestimmung der Distorsion benutzt werden, wenn man die Blende weit auf der Schiene Q verschiebt und somit auch große Werte von φ erhält. Ist $d = f \cdot \text{tg } \varphi$ die Verschiebung ohne Verzeichnung für alle Werte von φ , so ist offenbar, wenn Verzeichnung bei einer großen Verschiebung vorhanden, diese:

$$V = d_1 - f \text{tg } \varphi_1.$$

Auch die gewöhnliche Bestimmung der wirksamen Öffnung läßt sich an dem Apparat gut ausführen, man braucht nur die kleine Blende nach einer der oben beschriebenen Methoden genau in die Brennebene des zu untersuchenden Objektivs zu stellen, dahinter eine Lampe und im verdunkelten Raum direkt vor das Objektiv eine photographische Platte zu bringen, auf welcher sich dann ein schwarzer Kreis vom Durchmesser der wirksamen Öffnung abbildet.

Will man ein Objektiv ganz genau untersuchen, wie es für den Fabrikanten oder für manche wissenschaftliche Zwecke notwendig ist, dann kann man an dem Apparat das Objektiv auch nach der Hartmannschen Methode der extrafokalen Aufnahmen untersuchen.¹⁾ Dabei wird vor das Objektiv eine Blende gebracht mit bestimmt angeordneten Löchern, welche es möglich machen, die Brennweite des Objektivs für jede einzelne Zone zu bestimmen, indem man die Entfernung der Bilder je

1) S. Zeitschr. f. Instr.-Kunde 1909. S. 5.

zweier gleich weit von der Mitte des Objektives entfernter Löcher einmal weit innerhalb und einmal weit außerhalb des Fokus ausmißt. Auf ganz ähnliche Weise läßt sich dann auch die Farbenkurve des Objektives bestimmen, nur hat dabei die verwendete Blende nur zwei Öffnungen; durch Einschaltung eines kleinen Spektrographen bei O zeigen sich innerhalb und außerhalb des Fokus im Gesichtsfeld zwei gekrümmte Spektren, welche das eine Mal sich die konvexen, das andere Mal die konkaven Seiten zuwenden. Durch Messen der Abstände zusammengehöriger Farben wird die genaue Brennweite für diese gefunden und bei Ausmessung der verschiedenen Farben die ganze Farbenkurve des Objektives. Diese genauen Messungen erfordern eine große Sorgfalt, besonders auch deshalb, weil natürlich das Fernrohrobjektiv zuerst untersucht werden muß, damit man dessen Fehler berücksichtigen kann. Der Apparat liefert eine für gewöhnliche Zwecke nicht notwendige Genauigkeit, ist aber für wissenschaftliche Institute von höchstem Wert, weil er die Anstellung von vollständig einwandfreien Vergleichen verschiedener Objektive gestattet. Die Graphische Lehr- und Versuchsanstalt in Wien ist deshalb auch mit dem Hartmannschen Apparat ausgestattet.

3. Die Methode von Konrad Beck in London.¹⁾

Der Apparat, welcher von Konrad Beck in London für die technische Schule in Manchester zum Zweck von Objektivprüfungen konstruiert wurde, ist gleich dem Hartmannschen Apparat eine optische Bank (s. Fig. 232 und 233). Die Meßmethode an derselben beruht aber darauf, daß das durch das zu untersuchende Objektiv erzeugte Luftbild mit Hilfe eines Mikroskopes ausgemessen wird. Die eigentliche optische Bank ist eine schwalbenschwanzförmige $1\frac{1}{8}$ Zoll dicke Stahlschiene von 54 Zoll Länge und $1\frac{3}{4}$ Zoll Breite, welche mit einer Teilung versehen und auf 4 Nivellierschrauben fest gelagert ist. Auf dieser Schiene gleiten in Schlittenführung die Vorrichtung zur Aufnahme des zu untersuchenden Objektives und eine Querschiene, auf welcher das Mikroskop seitlich hin und her bewegt werden kann. Die Vorrichtung zur Aufnahme des Objektives ruht auf zwei Platten L und F , von welchen L auf der Hauptschiene vor und zurück bewegt und an jeder Stelle geklemmt werden kann, während F auf L durch Trieb und Zahnstange fein vorwärts und rückwärts bewegt werden kann. Beide Platten können um einen Punkt gedreht werden, so daß es jederzeit möglich ist, das in einem von F getragenen senkrechten Rahmen durch Ringe befestigte Objektiv um seinen Hauptpunkt zu

1) S. Eders Jahrbuch 1903. S. 257.

Eder, Handb. d. Photogr. I. Teil. 2. Hälfte. 3. Aufl.

drehen; gleichzeitig läßt sich die Drehung des Objektivs an einer Gradteilung ablesen. Das Mikroskop gleitet auf einem Schlitten auf der Querstange hin und her und kann durch Triebbewegung dem zu untersuchenden Objektiv genähert oder von ihm entfernt werden. Das Mikroskop kann sowohl in ein Fernrohr verwandelt werden als auch mit photographischer Kamera oder Spektroskop versehen werden. Un-

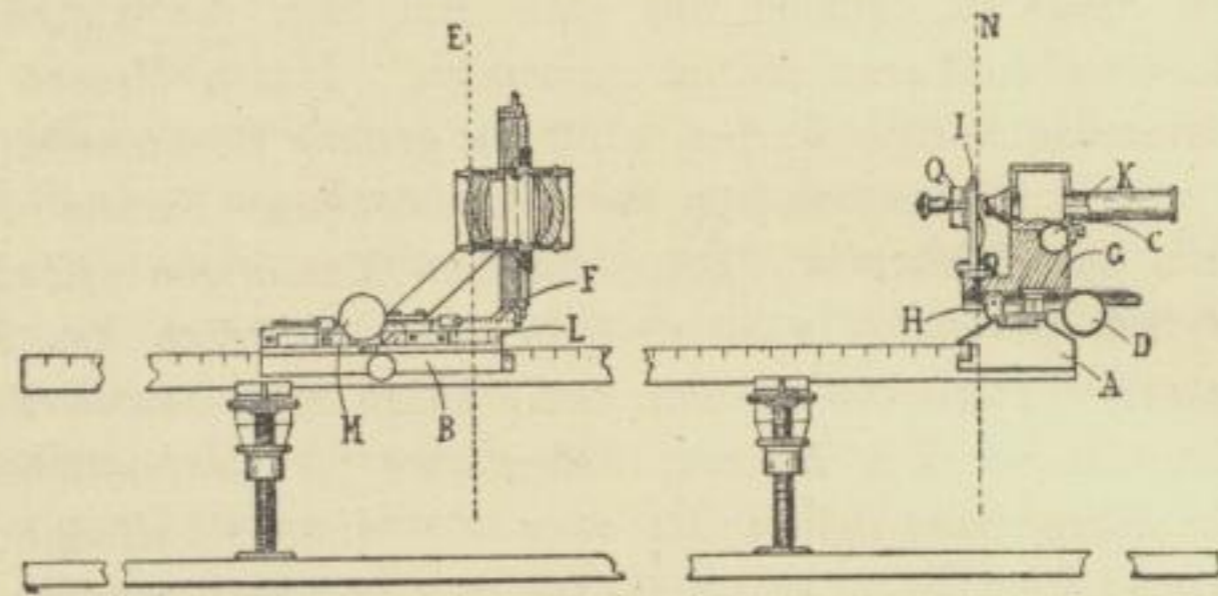


Fig. 232.

mittelbar vor dem Mikroskopobjektiv befindet sich ebenfalls verstellbar der Mattscheibenhalter, zwischen Objektiv und Okular kann eine Kuvette eingeschaltet werden, welche verschiedene Flüssigkeiten aufnehmen kann. Der ganze Apparat ist sehr vielseitig ausgestattet, hat aber gegenüber dem Hartmannschen den entschiedenen Nachteil,

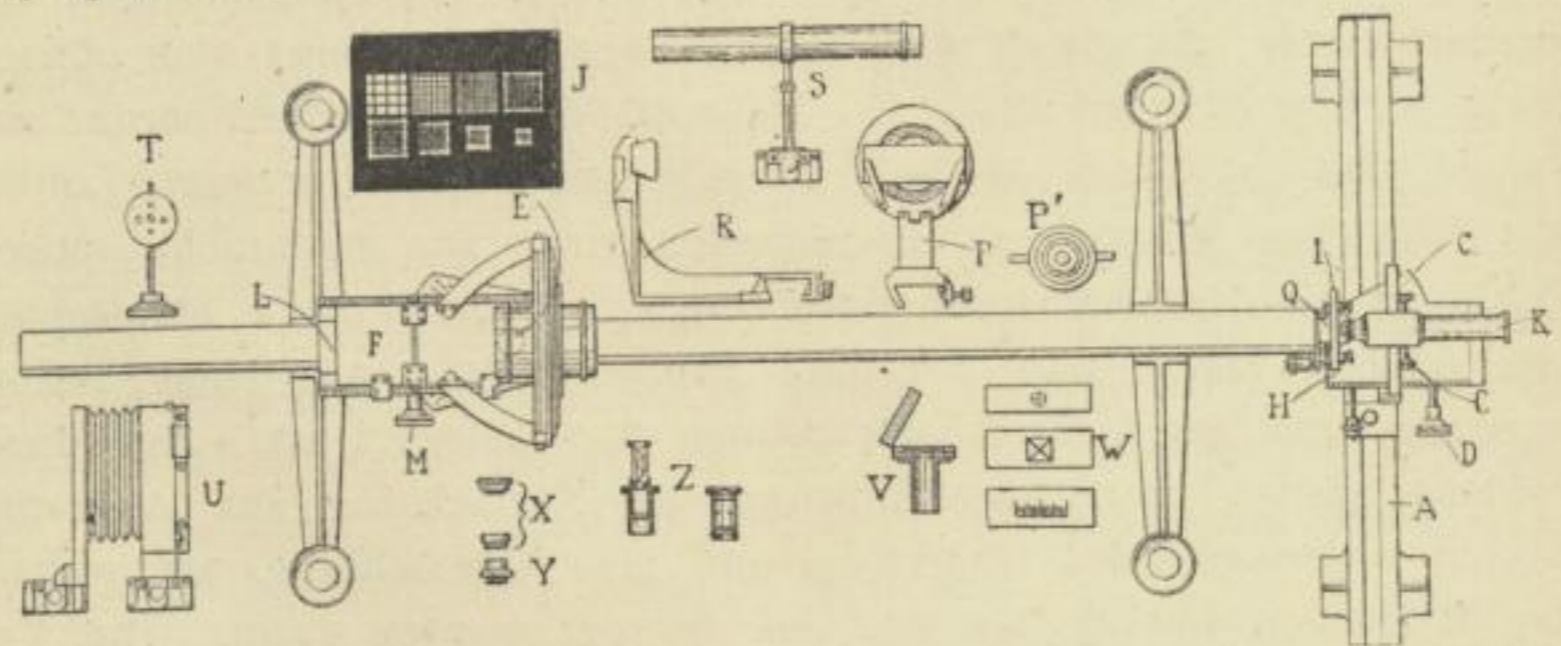


Fig. 233.

daß zu allen Messungen ein entferntes Objekt vorhanden sein muß, was seine Verwendung in kleineren geschlossenen Räumen unmöglich macht.

Zur Untersuchung eines Objektivs gibt Beck folgende Vorschriften:

Vor der eigentlichen Prüfung ist die Anzahl der äußeren reflektierenden Oberflächen, deren Krümmung und ihr wahrscheinlicher

Einfluß auf die Lichtverluste festzustellen. (Wie dies geschehen soll, ist leider nicht angegeben.) Das Vorhandensein von Schlieren wird konstatiert durch die Betrachtung des Objectives, wenn auf der anderen Seite desselben eine Lichtquelle im Fokus steht. Die Schlieren erscheinen in dem gleichmäßig hell erscheinenden Objectiv als dunkler Streifen. Um festzustellen, ob die Flächen gut auspoliert sind, richtet man das Objectiv gegen einen dunklen Hintergrund, z. B. schwarzen Samt, während man von der Seite hell beleuchtet, aber so, daß kein Licht durch das Objectiv direkt ins Auge gelangt. Befinden sich an einer Oberfläche schlecht auspolierte Stellen, so wird an diesen das Licht diffus zerstreut, es gelangt also von ihnen aus auch Licht ins Auge, weshalb sie helleuchtend gesehen werden.

Als zu bestimmende optische Konstanten des Objectives nimmt Beck die folgenden an:

- I. Äquivalente Brennweite.
- II. Ermittlung der Hauptebene.
- III. Die wahre wirksame Öffnung der verschiedenen Blenden.
- IV. Den Durchmesser des Gesichtsfeldkreises.
- V. Den Durchmesser gleicher Beleuchtung bei verschiedenen Blenden.

I. Zur Bestimmung der Äquivalentbrennweite können 3 Methoden angewendet werden.

1. Die Methode der Bestimmung der Hauptebene. Das Mikroskop wird so eingestellt, das ein entfernter Gegenstand scharf ist und ruhig bleibt, wenn man das Objectiv um eine vertikale Achse dreht. Die Äquivalentbrennweite des Objectives wird dann an der Teilung der Hauptschiene und an der des Mikroskopträgers abgelesen unter Berücksichtigung, ob letztere zu ersterer zu addieren oder davon zu subtrahieren ist.

2. Die Methode der Vergrößerung. Zwei Gegenstände sind in einer gewissen Entfernung voneinander senkrecht zur optischen Achse des zu untersuchenden Objectives so aufgestellt, daß ihre Entfernung voneinander ein bestimmter Teil der Entfernung des Schnittpunktes ihrer Verbindungslinie mit der optischen Achse vom Objectiv ist; diese letztere Entfernung soll groß sein, und zwar mindestens 100 Brennweiten des Objectives betragen, dann ist die Entfernung der Bilder voneinander der gleiche Teil der Brennweite. Man braucht also nur durch Verschiebung des Mikroskopes auf der Querstange einmal das eine Bild und dann das andere Bild einzustellen und die notwendige Verschiebung auf der Skala abzulesen, um die Brennweite zu finden. Waren z. B. die Gegenstände halb soweit auseinander als die Entfernung vom

Objektiv, so ist die Entfernung der beiden Bilder gleich der halben Brennweite. Ist die Entfernung der Gegenstände vom Objektiv nicht so groß, daß sie für unendlich gelten kann, dann liefert die Messung des Abstandes der Bilder den gleichen Teil der Vereinigungsweite des Objektivs, welchen der Abstand der Gegenstände von der Entfernung vom Objektiv ausmacht. Die Brennweite des Objektivs findet sich

dann nach der Formel: $f = \frac{a \cdot \alpha}{a + \alpha}$; wenn a die Entfernung des Schnittpunktes

der die beiden Gegenstände verbindenden Geraden mit der optischen Achse vom Objektiv und α die Entfernung des Schnittpunktes der Verbindungslinie der Bilder mit der optischen Achse vom Objektiv sind. Der Wert von f wird nur dann streng richtig, wenn a und α vom 1. und 2. Hauptpunkt des Objektivs aus gezählt werden.

3. Die Methode mit Einstellung auf gleiche Größe und Unendlich. Von zwei vollständig gleichen auf Glas gezeichneten Figuren wird die eine in den Mattscheibenhalter gebracht, die andere in einer bestimmten Entfernung vom Objektiv aufgestellt und die Stellung dieser beiden Objekte so lange geändert, bis das vom Objektiv entworfene Bild des einen in gleicher Größe auf das andere zu liegen kommt. Dies läßt sich durch Einstellen des Mikroskopes auf das Bild im Mattscheibenhalter beobachten. Liest man jetzt die Stellung der das Mikroskop tragenden Querleiste auf der Skala der Hauptschiene ab und nähert dieselbe nach Entfernung des jenseits der Linse befindlichen Schirmes so lange dem Objektiv, bis ein sehr weit entfernter Gegenstand im Mikroskop scharf erscheint, so gibt die Strecke, um welche die Querleiste vorgeschoben wurde, dann die Brennweite des zu untersuchenden Objektivs.

II. Die Bestimmung der Lage der Hauptpunkte geschieht, wie schon erwähnt, durch Drehen des Objektivs um eine vertikale Achse, die Lage der so gefundenen Hauptebene kann a einer Skala abgelesen werden.

III. Zur Bestimmung der wirksamen Öffnung einer Blende werden zwei Wege vorgeschlagen. Der eine ist die bekannte Methode, in der Brennebene des Objektivs einen leuchtenden Punkt aufzustellen und an der ersten Fläche des Objektivs den Durchmesser des austretenden Parallelbüschels zu bestimmen. Zur Erzeugung des leuchtenden Punktes wird in den Mattscheibenhalter eine Platte mit einem kleinen Loch gebracht und hinter diese eine Lichtquelle. Der Durchmesser des austretenden Parallelbüschels wird auf einer Mattscheibe aufgefangen und mit Hilfe einer Irisblende abgegrenzt, welche am Rand eine Teilung trägt, welche den jeweiligen Durchmesser der Öffnung angibt.

Die zweite Methode kann auf Genauigkeit keinen Anspruch machen, da sie von eventuellen Fehlern, mit welchen das Objektiv behaftet sein kann, absieht. Ein entfernter leuchtender Punkt (Stern oder kleine Öffnung mit hellem Licht dahinter) wird im Mikroskop scharf eingestellt, dann wird das Mikroskop um eine gewisse Strecke dem Objektiv genähert, so daß sich das Bild des leuchtenden Punktes als Scheibe zeigt. Wenn man nun durch Verschiebung des Mikroskopes auf der Querstange den Durchmesser dieser Scheibe bestimmt, so ist dieser geteilt durch die Länge, um welche das Mikroskop dem Objektiv genähert worden war, der Ausdruck für das Öffnungsverhältnis oder die Helligkeit des Objektivs.

IV. Der Durchmesser des Gesichtsfeldkreises des Objektivs wird durch Einstellung des Mikroskopes auf zwei gegenüberliegende Randstellen des Gesichtsfeldkreises bestimmt, wenn das Objektiv so eingestellt ist, daß weit entfernte Gegenstände scharf erscheinen. Die Entfernung der das Mikroskop tragenden Querleiste vom zweiten Hauptpunkt des Objektivs ist dann die Brennweite, die Entfernung der beiden Mikroskopstellungen auf der Querstange ist der Durchmesser des Gesichtsfeldkreises. Will man also das Gesichtsfeld im Winkel ausdrücken, so ist: $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2f}$; wenn α der Gesichtsfeldwinkel, d der Durchmesser des Gesichtsfeldkreises und f die Brennweite ist.

Der Winkel α kann direkt an der Teilung der Drehvorrichtung abgelesen werden, wenn man die Messung derartig anstellt, daß man das Mikroskop in der Mitte der Querstange stehen läßt und durch Drehung des Objektivs um seinen Hauptpunkt einmal den einen und dann den anderen Rand des Gesichtsfeldkreises im Mikroskop einstellt.

V. Zur Bestimmung des Durchmessers des gleich hell beleuchteten Gesichtsfeldkreises für verschiedene Blenden verwandelt man das Mikroskop durch Austausch des Mikroskopobjektivs gegen ein Fernrohrobjektiv in ein Fernrohr und stellt dieses auf den Blendenrand scharf ein. Bei Drehung des Objektivs um seinen Hauptpunkt wird man finden, daß von einer gewissen Entfernung an die Objektivränder oder Teile der Fassung in den Kreis der Blende hereinragen und so diesen allmählich in ein Zweieck verwandeln. Der Winkel, um welchen das Objektiv gedreht wurde, bis diese Erscheinung gerade auftrat, ist deshalb Gesichtsfeldwinkel gleicher Beleuchtung. Bei der Prüfung eines Objektivs auf zentrale und schräge Korrekturen ist der Zweck, zu welchem das Objektiv dienen soll, stets im Auge zu behalten. Ein Objektiv für Reproduktionen wird deshalb nicht auf ein unendlich entferntes Objektiv geprüft, sondern

z. B. auf ein in der Entfernung der dreifachen Brennweite aufgestelltes Objektiv. Das Bild seitlich der Achse wird nicht durch Drehen des Objektivs um den Hauptpunkt, sondern durch Verschieben des Mikroskopes auf der Querleiste untersucht.

Zur Bestimmung der Brennweiten für die verschiedenen Farben wird ein geradsichtiges Prisma vor das Okular des Mikroskopes gebracht, wenn dieses auf das Bild eines entweder in großer oder in geringer (nur ca. 3 Brennweiten) Entfernung aufgestellten künstlichen Stern eingestellt ist. Das in ein Farbenband ausgezogene Bild des künstlichen Sternes zeigt bei den Farben, für welche gerade eingestellt ist, die größte Einschnürung. So läßt sich die Farbenkurve des Objektivs bestimmen. Statt des Spektroskopes können auch Filterwannen, mit monochromatischen Flüssigkeiten gefüllt, verwendet werden.

Um die Brennweite für die verschiedenen Zonen des Objektivs zu bestimmen, wird das Objektiv bei derselben Aufstellung ringförmig abgeblendet und jedesmal scharf eingestellt. Zur Prüfung auf Astigmatismus und Bildkrümmung wird eine Probetafel eingestellt, auf der sich horizontale und vertikale Linien befinden. Durch systematische seitliche Verschiebung des Mikroskopes und jedesmalige Bestimmung des Fokus für die horizontalen und vertikalen Linien können dann Astigmatismus und Bildkrümmung über das ganze Gesichtsfeld bestimmt werden. Zur Bestimmung der Tiefe des Fokus sind zwei Methoden verwendbar. Einmal die Einstellung eines Gitters, welches sich in solcher Entfernung befindet, daß die Breite der Gitterstriche im Bild $\frac{1}{200}$ Zoll ausmacht. Die mögliche Verschiebung nach innen und nach außen von der scharfen Einstellung aus, bis die Gitterstriche gerade verschwinden, gibt die Tiefe des Fokus. Bei der zweiten Methode wird ein künstlicher Stern benutzt und werden die Stellen bestimmt, bei welchen der Durchmesser des Zerstreuungsscheibchens innerhalb und außerhalb des Fokus $\frac{1}{200}$ Zoll mißt. Ihre Entfernung ist wieder die Tiefe des Fokus.

Der Becksche Apparat gestattet alle Fehler eines Objektivs zu untersuchen und ist sehr vielseitig anwendbar, wenn auch der Aufwand für die Messungen nicht immer im richtigen Verhältnis zur Genauigkeit derselben steht.

3. Bestimmung der wirksamen Öffnung und relativen Helligkeit der Objektive, sowie der relativen Belichtungszeiten.

A. Bestimmung der wirksamen Öffnung.

Der Blendendurchmesser entspricht der wirksamen Öffnung nur bei Objektiven mit Vorderblende. Bei allen Objektiven, bei denen der

Blende ein Linsensystem vorausgeht, muß die wirksame Öffnung eigens bestimmt werden. Je nachdem das der Blende vorausgehende Linsensystem positive oder negative Brennweite hat, ist die wirksame Öffnung größer oder kleiner als der Blendendurchmesser. Es wird nämlich ein zylindrisches Parallelstrahlenbüschel beim Durchgang durch eine Linse immer in einen Kegel verwandelt. Ist die Linse positiv, so liegt die Spitze des Kegels hinter der Linse. Der Durchmesser einer Blende, welche gerade alles von der Linse kommende Licht hindurchläßt, kann deshalb um so kleiner sein, je weiter sie von der Linse entfernt ist (Fig. 234a). Ist die Linse negativ, so liegt die Spitze des Kegels vor der Linse, und die Blende muß deshalb um so größer werden, je weiter sie von der Linse entfernt ist (Fig. 234b).

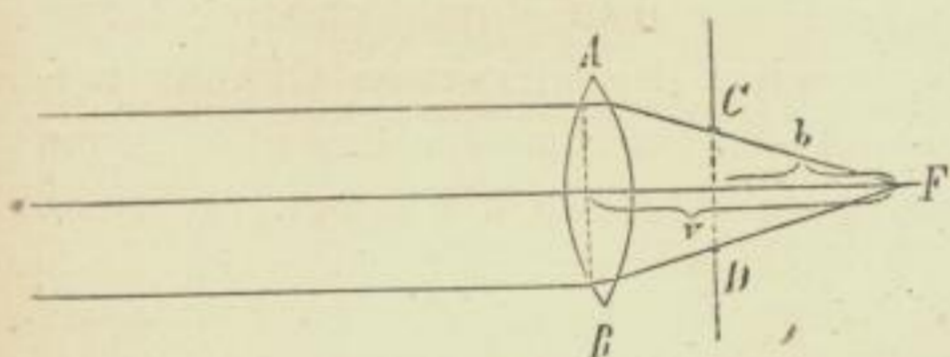


Fig. 234a.

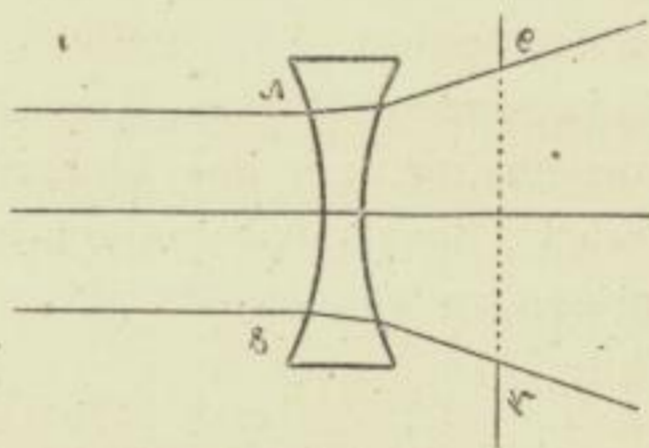


Fig. 234b.

Blendenkoeffizient: Bei den photographischen Objektiven hat das Linsensystem vor der Blende fast immer positive Brennweite. Die wirksame Öffnung ist also größer als der Blendendurchmesser. Das Verhältnis von wirksamer (optischer) zur effektiven (mechanischen) Blendenöffnung heißt der Blendenkoeffizient. Derselbe ist also meistens eine positive Zahl, größer als „eins“. Er beträgt z. B. bei dem Steinheilschen Orthostigmaten von der Helligkeit $\frac{f}{8}$ 1:0,89, von der Helligkeit $\frac{f}{6,8}$ Typ II 1:0,87, bei den Steinheilschen Landschaftsplanaten Serie IV $\frac{f}{12}$ bis $\frac{f}{15}$ 1:0,925 und beim Gruppenantiplanet sogar 1:0,952.

Zur Bestimmung der wahren wirksamen Öffnung der Objektive bedient man sich einer Methode nach Steinheil, welche zunächst für parallel einfallende Strahlen gilt, aber auch Strahlen von verschiedenem Einfallswinkel angepaßt werden kann. Dieselbe besteht in folgendem: Man stellt die Kamera auf einen sehr weit entfernten Gegenstand ein, vertauscht dann die Visierscheibe mit einem Schirm¹⁾, in welchem genau in der Mitte, wo die Objektivachse ihn trifft, ein rundes Loch von 3 bis 4 mm Durchmesser eingeschnitten ist. Hinter dieses Loch stellt

1) Z. B. eine undurchsichtige Blechplatte oder Karton.

man eine Lichtflamme, deckt vorne über die Objektivfassung ein Stück Seidenpapier und mißt nun die Lichtkreise, welche beim Einstecken der verschiedenen Blenden von den unter diesen Umständen parallel aus dem Objektiv austretenden Lichtstrahlen auf das Seidenpapier gezeichnet werden. Die gefundenen Zahlen (Durchmesser des Lichtkreises) geben die den verschiedenen Blenden entsprechenden Durchmesser der wahren wirksamen Öffnung.

Da das Ausmessen des Lichtkreises auf dem Seidenpapier nur schwer mit der nötigen Genauigkeit durchzuführen ist, so empfiehlt sich noch besser die photographische Bestimmung, indem man vor das Objektiv (im Finstern) eine photographische Trockenplatte befestigt, mit einem schwarzen Tuche lichtdicht verhüllt und dann den Lichtkreis photographiert. An Stelle der Kerzenflamme ist das Abbrennen eines 3 cm langen Stückes Magnesiumband vor dem durchlochten Schirme vorteilhafter, um den Lichtkreis, welcher der wirksamen Öffnung entspricht, bequem photographieren und den Durchmesser desselben genau messen zu können (Belitski in Eders Jahrbuch f. Photogr. für 1890. Seite 13).

B. Die Lichtstärke der Objektive und relative Belichtungszeit unter Anwendung verschiedener Blenden.

Unter der Lichtstärke oder Helligkeit eines Objectives versteht man das Verhältnis der wirksamen Öffnung zur Brennweite.¹⁾

Ist die wirksame Öffnung eines Objectives a , die Brennweite f , dann ist die Lichtstärke $L = \frac{a}{f}$. Wächst der Blendendurchmesser unter Beibehaltung der Brennweite, so nimmt die Lichtstärke im Quadrat dieser Vergrößerung zu und umgekehrt.

Da nun die Expositionszeit eines Objectives abhängig ist von der Lichtstärke, insofern als die Expositionszeit um so kleiner ist, je größer die Lichtstärke ist, so ist auch die Expositionsdauer um so kleiner, je größer der wirksame Blendendurchmesser ist.

Bezeichnet man mit a_1 und a_2 die wirksamen Blendendurchmesser, mit f_1 und f_2 die Brennweiten, mit L_1 und L_2 die Lichtstärken zweier Objective, dann muß sich verhalten:

$$L_1 : L_2 = \left(\frac{a_1}{f_1}\right)^2 : \left(\frac{a_2}{f_2}\right)^2 = \frac{a_1^2}{f_1^2} : \frac{a_2^2}{f_2^2}.$$

1) Das Verhältnis des größten wirksamen Linsendurchmessers zur Brennweite nennt man speziell die „relative Größe“ des Objectives, das Verhältnis des Durchmessers der größten wirksamen Blendenöffnung: „die relative Öffnung“ des Objectives, welche mit der „relativen Helligkeit“ des Systems zusammenfällt.

Ist die Expositionszeit der beiden Objektive Z_1 und Z_2 , dann ist:

$$Z_1 : Z_2 = L_2 : L_1 = \left(\frac{a_2}{f_2}\right)^2 : \left(\frac{a_1}{f_1}\right)^2.$$

Hat man bei einem Objektiv, das mit der Blendenöffnung a bei einer Brennweite f arbeitet eine Expositionszeit Z_1 notwendig und ändert man die Blendenöffnung, daß sie b wird, dann ist die neue

Expositionszeit $Z_2 = \frac{a^2}{b^2} \cdot Z_1$, denn:

$$Z_1 : Z_2 = \frac{b^2}{f^2} : \frac{a^2}{f^2}.$$

$$Z_1 : Z_2 = b^2 : a^2 \text{ hieraus } Z_2 = \frac{a^2}{b^2} \cdot Z_1.$$

Die Expositionszeiten zweier Objektive von derselben Brennweite verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der wirksamen Blendendurchmesser.

Ein Orthostigmat mit der wirksamen Blendenöffnung 2 habe die Expositionszeit von einer Sekunde. Wie groß ist letztere, wenn die wirksame Blendenöffnung gleich 4 gemacht wird?

$$Z_2 = \frac{2^2}{4^2} \cdot 1 = \frac{4}{16} \cdot 1 = \frac{1}{4} \text{ Sek.}$$

	von Aplanat	von Orthostigmat
Wirksame Öffnung	$a = 3 \text{ cm}$	$A = 5 \text{ cm}$
Brennweite	$f = 30 \text{ cm}$	$F = 25 \text{ cm}$
Lichtstärke	L_1	L_2

$$L_1 : L_2 = \left(\frac{a}{f}\right)^2 : \left(\frac{A}{F}\right)^2 = \left(\frac{3}{30}\right)^2 : \left(\frac{5}{25}\right)^2 = \frac{1}{100} : \frac{1}{25} = \frac{25}{100} = 1 : 4$$

d. h. die Lichtstärke beider Objektive verhalten sich wie 1:4.

Die Helligkeit der Objektive oder ihre Lichtdurchlässigkeit wird nicht nur durch das Verhältnis der wirksamen Öffnung zur Brennweite bestimmt, sondern auch die Reflexions- und Absorptionsverluste in den Glaslinsen mehr oder weniger beeinflußt. Das Verhältnis vom durchgelassenen zum einfallenden Lichte im Objektiv nennt Cousin den Transmissionskoeffizienten (Eders Jahrb. f. Phot. 1903. S. 321). Unverkittete, mehrlinsige Objektive erleiden beträchtliche Lichtverluste. K. Martin studierte diese Verhältnisse näher. Er fand folgende Lichtverluste durch Reflexion: Einfache Linse 9,8 %, zweiteiliges Objektiv 18,7 %, dreiteiliges 26,7 %, vierteiliges 33,9 %. Verkittete mehrlinsige Objektive erleiden weniger Lichtverlust durch Reflexion, aber in der Regel (wegen größerer Dicke der Linsen) mehr Lichtverlust durch Absorption, wobei jedoch die Glassorte und ihre Absorption von kurzwelligem Licht ausschlaggebend ist (Jahrb. f. Phot. 1904. S. 49). Nach Krüss geht durch Absorption und

Reflexion bei dem Doppelanastigmat, Orthostigmat, Doppelprotar oder dergl. 20 bis 25 % Licht verloren, beim Tessar 24 %; bei den unverkitteten Linsen, wie Dynar, Heliar, Celor, Syntor, Unofocal bis 29 %, bei den Aristostigmaten, Planar, Alethar usw. bis 33 % (Eders Jahrb. f. Phot. 1908. S. 271).

4. Prüfung auf chromatische Abweichung oder sogenannte Fokusdifferenz.

Ein monochromatisches Licht, das heißt solches, welches nicht aus mehreren farbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt ist, würde alle Strahlen nach dem Durchgange durch eine Sammellinse BC (Fig. 235) in einem einzigen Punkte A vereinigen, falls die Strahlen zz parallel einfallen.

Bei weißem Tageslichte aber, welches aus verschiedenfarbigem Lichte besteht, haben die violetten Strahlen die kürzeste Vereinigungsweite, dann folgen die grünen und endlich die roten (Fig. 236).

Für rein optische Instrumente nun kommt in Betracht, daß Rot, Orange, Gelb und Grün den dem Auge bei weitem am hellsten er-

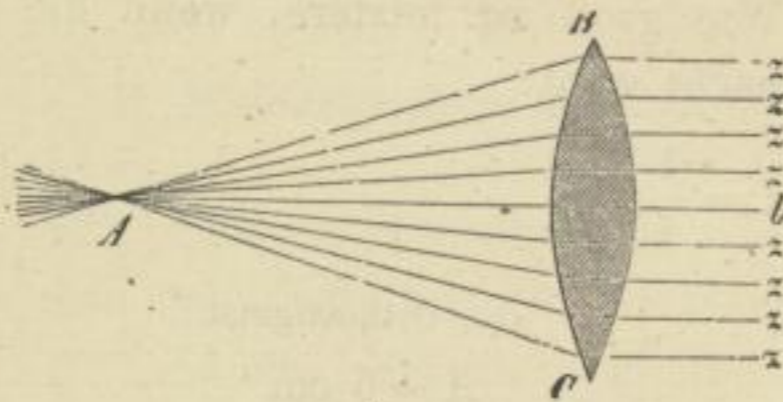


Fig. 235.

Vereinigungspunkt monochromatischer Strahlen.

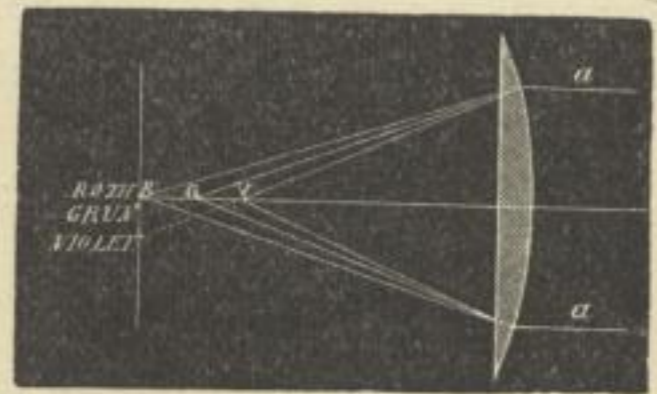


Fig. 236.

Farbenzerstreuung.

scheinenden Teil des Spektrums bilden, während Blau und besonders Violett mehr schattenartig erscheint. Bei diesen Instrumenten sucht man diese hellsten Lichtstrahlen zu möglichst vollständigem Zusammenfallen zu bringen und vernachlässigt die blauen und violetten, weshalb denn auch selbst gute Fernrohre schwach blaue Ränder zeigen. Wenn man nun aber ein solches Instrument zum Photographieren benutzen will, so liegt die Sache anders, weil gerade die blauen und violetten Strahlen photographisch wirksam sind. Man müßte daher, wenn man mit solchen Linsen, bei welchen der „optische und chemische Fokus“ auseinander liegen („Fokusdifferenz“), die Visierscheibe wieder um ein gewisses erfahrungsmäßig festzustellendes Stück dem Objektiv nähern und so zwar scheinbar das Bild unscharf machen, in Wirklichkeit aber nur den Fokus der blauen und violetten Strahlen einstellen.

Da nun diese Methode der Einstellung (s. S. 35) höchst unbequem ist, so berechnet man die Linsen derartig, daß die gelben (d. i. die optisch hellsten) und die blauen (d. i. die photographisch wirksamsten) Strahlen zusammenfallen und erhält so Objektiv „ohne chemischen Fokus“.

Diese Verhältnisse wurden bereits auf Seite 21 und 53 auseinandergesetzt und es sollen hier nur die Methoden zur Prüfung auf Fokusdifferenz folgen.

Eine kompensierte Vorrichtung zur Prüfung auf Fokusdifferenz ist die folgende, welche von Claudet unter dem Namen „Focimeter“ beschrieben wurde.

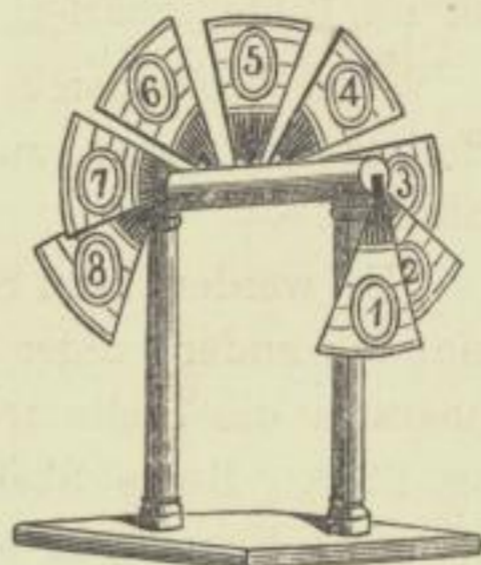


Fig. 237. Focimeter.

Einige Meter von dem zu prüfenden Objektiv entfernt wird der Focimeter aufgestellt, dessen Bild sich in der Mitte des Einstellglases zeigen muß. Dieser Focimeter (Fig. 237) besteht aus 8 Segmenten von numerierten Kartons, welche in verschiedenen Entfernungen zum Objektiv auf einem Holzzylinder angebracht sind, so daß ihre Zusammenstellung, von vorne gesehen, einen Kreisbogen bildet. Man stellt nun den Karton Nr. 5 sehr genau und scharf ein, und, um jeden Irrtum zu vermeiden, bedient man sich einer matten Visierscheibe, welche in die Kasette an jener Stelle eingelegt wird, wo sich später die empfindliche Platte befindet.

Ist dies geschehen, so ersetzt man das matte Glas durch eine empfindliche Platte, macht ein Bild und beobachtet, ob der Karton

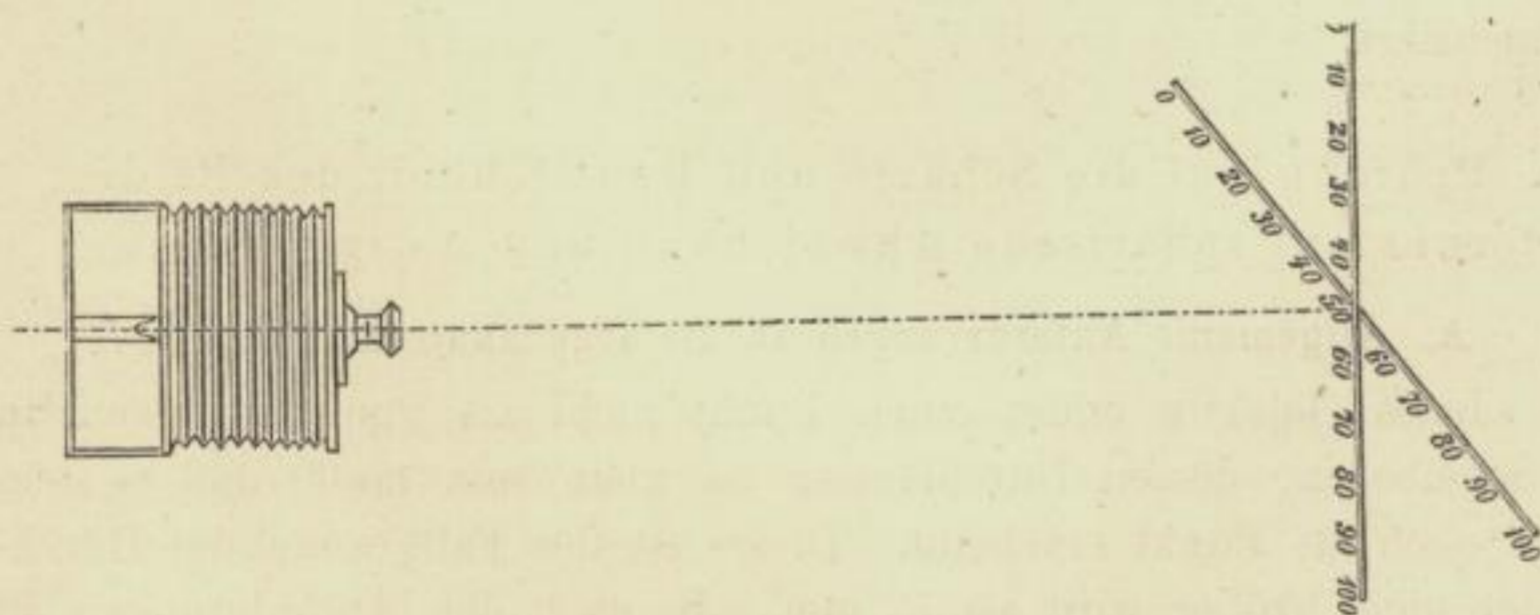


Fig. 238. Objektivprüfung.

Nr. 5 ganz scharf erscheint. Wenn dies nicht der Fall, so besitzt das Objektiv einen chemischen Fokus. Sobald die hinter Nr. 5 liegenden Segmente schärfer werden, so ist der chemische Fokus länger als der

optische, und nach jeder Einstellung muß der Auszug der Kamera um eine mit der Entfernung des zu reproduzierenden Objektes sich verändernde Distanz verlängert werden. Wenn die vorderen Segmente sich im Bilde schärfer zeigen, so hat man den umgekehrten Fall.

Am bequemsten ist die Vereinigung der Probe auf Fokussdifferenz mit jener auf Kugelgestaltsfehler mittels zweier gekreuzter Maßstäbe.

Es werden zwei Skalen aufgestellt, die eine senkrecht zur Visierlinie, die andere unter 45 Grad gegen diese, so daß die Visierlinie des Apparates die Stelle trifft, an welcher sich die beiden Skalen kreuzen (Fig. 238). Beide Skalen haben Vertikal- und Horizontallinien. Man stellt eine Kamera in einer Distanz von nicht unter 5 Brennweiten des zu prüfenden Objektivs auf und indem man nun ein mattes Glas in die Kassette einlegt, stellt man unter Anwendung der größeren Blende (Blindblende) des Objektivs in der Art ein, daß der Kreuzungspunkt der Skalen (auf jeder 50) möglichst scharf eingestellt ist und daß zugleich auf der unter 45 Grad geneigten Skala eine gleiche Anzahl der Teilstriche vor und hinter 50 noch ziemlich deutlich erscheint, oder vielmehr, daß die Deutlichkeit nach beiden Seiten gleichmäßig abnimmt; ist in dieser Art optisch streng eingestellt, so wird an Stelle des matten Glases die präparierte Platte eingelegt¹⁾ und exponiert. Kommt von der schrägen Skala dieselbe Nummer am deutlichsten, die optisch am schärfsten eingestellt war, so ist kein chemischer Fokus vorhanden; kommt eine Nummer, die näher als 50 ist, am deutlichsten, so ist die Brennweite der chemisch wirksamen Strahlen kürzer, als die der optischen (Farbenfehler nicht kompensiert) und im entgegengesetzten Falle überkompensiert.

5. Prüfung auf die Schärfe und Deutlichkeit des Bildes, ferner auf sphärische Abweichung und Astigmatismus.

A. Allgemeine Anforderungen an die sogenannte Bildschärfe.

Jedes Objektiv bildet einen Punkt nicht als Punkt ab, sondern als Scheibchen, dessen Durchmesser so klein sein muß, daß es dem Auge noch als Punkt erscheint. Dieses ist der Fall, wenn der Durchmesser nicht größer wird als $\frac{1}{4}$ mm. Je nach den Anforderungen an Schärfe wird man den Durchmesser des Scheibchens hinuntersetzen bis auf $\frac{1}{10}$ mm. $\frac{1}{4}$ mm erscheint dem menschlichen Auge in der deutlichen Sehweite unter einem Winkel von $3\frac{1}{2}$ Minuten, $\frac{1}{10}$ mm unter

1) Es ist wichtig zu untersuchen, ob die matte und präparierte Platte eben ist.

einem solchen von $1\frac{1}{2}$ Minuten. Der Begriff der Schärfe ist ein variabler.

Da das Unterscheidungsvermögen bei verschiedenen Beobachtern und verschiedenen Objekten zwischen 51 und 147 Sekunden schwankt, liegt $\frac{1}{4}$ mm über der oberen und $\frac{1}{10}$ mm in der Nähe der unteren Grenze des Unterscheidungsvermögens.

Der Durchmesser des Scheibchens wird in der Praxis mit Unschärfe bezeichnet. Nimmt man an, daß im Mittel ein Scheibchen unter einem Winkel von 90 Sekunden gesehen werden soll, so sieht man sogleich, daß der Durchmesser des Scheibchens proportional dem Abstände des Bildes wachsen kann. Es ergeben sich folgende Zahlen:

Abstand des Bildes in Zentimetern	Zulässige Unschärfe in Millimetern (Durchmesser des Scheibchens)
12,5	0,05
25	0,11
50	0,22
75	0,32
100	0,44
150	0,65
200	0,87
250	1,09

Sollen z. B. Bilder bei Vergrößerungen in größerem Abstand betrachtet werden, so genügt eine Unschärfe von fast einem halben Millimeter. Dies geschieht, wenn man ein gutes Kabinettbild (Unschärfe = 0,11 mm) vierfach vergrößert; nimmt man an, daß das Kabinettbild mit einem Objektiv von 25 cm Brennweite aufgenommen wurde, so sollte es bei viermaliger Vergrößerung in einem Abstand $4 \times 25 = 100$ cm betrachtet werden; die Schärfe genügt dann vollständig.

Für die Schärfe der photographischen Bilder sind nicht nur die präzise Einstellung und die gute Konstruktion des verwendeten photographischen Objektivs maßgebend, sondern auch die Korngröße der empfindlichen photographischen Schicht. Sehr feinkörnige oder sogenannte kornlose Bromsilbergelatineplatten, wie man sie für Lippmanns Photochromie (Interferenzverfahren) verwendet, sind geeignet, schärfere Bilder feiner Details zu geben als grobkörnige Bromsilberplatten, welche wahrscheinlich durch Diffusion des Lichtes die feinen Details beeinträchtigen (A. u. L. Lumière, Jahrb. f. Phot. 1902. S. 356). Jedoch geht nach Mees das Auflösungsvermögen feinkörniger Platten bei der Photographie feinsten Bilddetails nur bis zu einem gewissen Grade proportional mit der Feinheit des Kornes der Emulsionsplatten (Jahrb. f. Phot. 1910; Brit. Journ. Phot. 1909. S. 924). Das „Auflösungsvermögen“ einer photographischen Platte ist definiert durch den Minimalabstand zweier Spektrallinien, bei dem auf der Platte beide Linien noch getrennt wahrnehmbar erscheinen. Dies ist nach Wadsworth (Astrophys. Journ. Bd. 3, S. 188 und 321) der Fall, wenn die Entfernung zwischen den Maxima der beiden Linien viermal so groß ist wie der Durchmesser eines Silberteilchens der photographischen Schicht. Vergleiche Kenneth Mees, Brit. Journal of Phot. 1909. S. 989; Eders Jahrb. 1910.

B. Verteilung der Schärfe bei Objektiven.

Bei einer einfachen Linse von großer Öffnung werden Strahlen, die parallel der Achse einfallen, nicht alle in einem Punkte vereinigt. Diejenigen, die in der Nähe der optischen Achse einfallen, schneiden diese nach der Brechung in größerer Entfernung von der Linse als Strahlen, die in der Nähe des Randes auffallen (Fig. 239). Diese Erscheinung bezeichnet man als sphärische Abweichung oder Kugelgestaltsfehler. Sie ruft eine allgemeine Unschärfe des Bildes hervor, die verbessert werden kann, wenn man die Randstrahlen abblendet, d. h. die Öffnung verkleinert. Will man die sphärische Abweichung beseitigen,

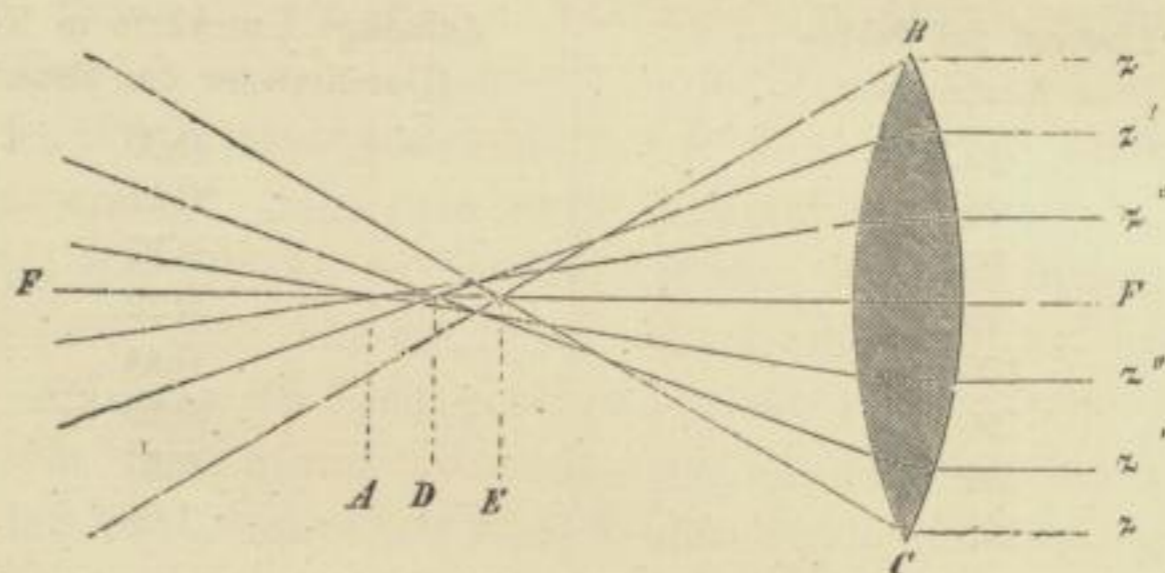


Fig. 239. Sphärische Abweichung.

so muß man mindestens eine positive und eine negative Linse miteinander kombinieren, die entgegengesetzte Kugelgestaltsfehler aufweisen. Die meisten photographischen Objektive sind derartige Kombinationen. Ein Objektiv ohne sphärische Abweichung wird immer eine gute Schärfe in der Mitte des Bildfeldes aufweisen, während bei Objektiven mit sphärischer Abweichung stets auch die Mitte des Bildes eine gewisse Unschärfe zeigt.

Zur Prüfung auf sphärische Aberration bedient man sich wieder der Methode der beiden gekreuzten Skalen, wie sie Seite 252 beschrieben ist. Dies geschieht am besten im Zusammenhang mit der Prüfung auf chemischen Fokus. Nach der Aufnahme zur Bestimmung des letzteren legt man eine zweite präparierte Platte ein und exponiert wieder, nachdem man an der ganzen Aufstellung nichts geändert hat, als daß beim Objektiv an die Stelle der Blindblende eine solche von zirka $\frac{1}{3}$ Durchmesser derselben eingeschoben wird. Kommt jetzt dieselbe Nummer der schrägen Skala am deutlichsten, die beim Photographieren mit der Blindblende am deutlichsten gewesen war, so ist kein Kugelgestaltsfehler vorhanden. Kommt mit der kleineren Blende eine entfernter liegende Nummer als deutlichste, als die mit der Blindblende am schärfsten war, so ist die Brennweite der Mitte des Objectives länger,

der Kugelgestaltsfehler ist nicht kompensiert, im entgegengesetzten Falle aber überkompensiert.

Was die Deutlichkeit des Bildes in der Mitte anbelangt, so ist aufmerksam zu machen, daß, wenn auch der Kugelgestaltsfehler behoben ist, die Deutlichkeit noch keine absolute wird, da noch Zwischenfehler, sogenannte Zonen, vorhanden sind. Sind Strahlen, die von einem abzubildenden Punkte ausgehen und von denen einer den Rand, der andere nahe an die Mitte des Objektivs trifft, auch genau vereinigt, so wird ein dritter Strahl, der z. B. in $\frac{2}{3}$ des Abstandes von der Achse gegen den Rand hin das Objektiv trifft, nicht mehr vereinigt sein, sondern früher die Achse schneiden. Außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß der Kugelgestaltsfehler, wenn er für eine Farbe behoben wurde, noch nicht für alle Farben beseitigt ist. Doch kommt dieser Fehler höchstens bei Aufnahmen mit orthochromatischen Platten zur Wirkung, weil nur diese für einen ausgedehnten Teil des Spektrums annähernd gleich empfindlich sind, die gewöhnliche Platte aber nur für einen so kleinen Teil des Spektrums, daß für diesen der Kugelgestaltsfehler als vollkommen beseitigt gelten kann.

Gibt man einem Objektiv im Verhältnis zur Brennweite eine große Öffnung, so werden auch die oben erwähnten Zonen groß sein. Es wird auch bei Anwendung kleiner Blenden nicht möglich sein, den Durchmesser des Bildscheibchens so klein zu machen, wie wenn das Objektiv nur für diese kleine Blende sphärisch korrigiert worden wäre.

Doch gibt es auch Objektivkonstruktionen, bei denen die Zonen auch bei großer Öffnung sehr gering sind. Für alle Fälle, in denen es sich um größte Schärfe der Bilder handelt (Reproduktionen von Stichen in Strichmanier) wird man Objektivkonstruktionen mit geringen Zonen wählen müssen oder Objektivkonstruktionen mit Zonen nur für so kleine Öffnungen verwenden, daß eine Zone nicht mehr zu bemerken ist.

Die Größe der Öffnung, die man einem Objektiv geben darf, ist bedingt durch die Zonen, denn wenn die Zonen zu groß werden, ist kein Teil des Bildes mehr deutlich; nun verhalten sich aber in bezug auf die Zonen die verschiedenen Formen der Linsen sehr ungleich; die Größe der sphärischen Zone ist im allgemeinen von der Stärke der Krümmung der Einzellinsen abhängig, so daß man in den meisten Fällen sagen kann, daß Konstruktionen mit schwachen Krümmungen auch mit schwachen Zonen behaftet sein werden.

Das Bild kann aus verschiedenen Ursachen gegen den Rand hin schlechter werden, entweder deshalb, weil es gebogen ist, so daß,

wenn das Bild in der Mitte des Gesichtsfeldes deutlich eingestellt ist, man mit der matten Platte sich dem Objektiv nähern muß, um von einem ebenen Objekte Teile des Bildes deutlich zu bekommen, die

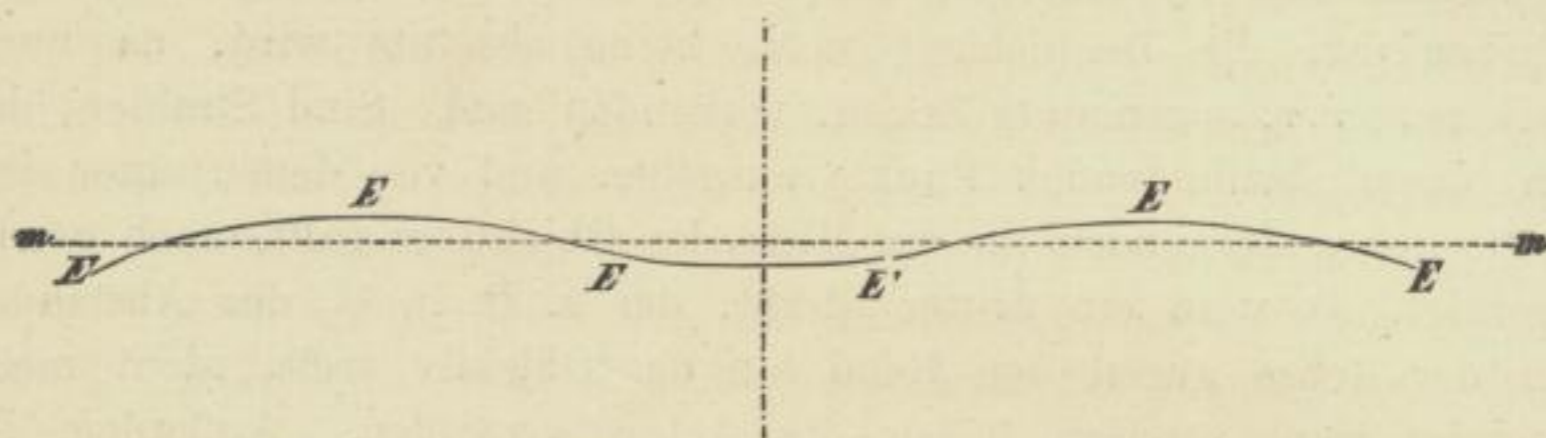


Fig. 240. Ausgleichung der Schärfe zwischen Rand und Mitte.

gegen den Rand hin liegen; in diesem Falle gibt das Objektiv ein erhabenes Bild (vom Standpunkte dessen aus, der das Bild auf der matten Tafel betrachtet).

Das Bild wird deshalb gegen den Rand hin undeutlich, weil es astigmatisch ist. Betrachtet man auf der matten Scheibe einer Kamera

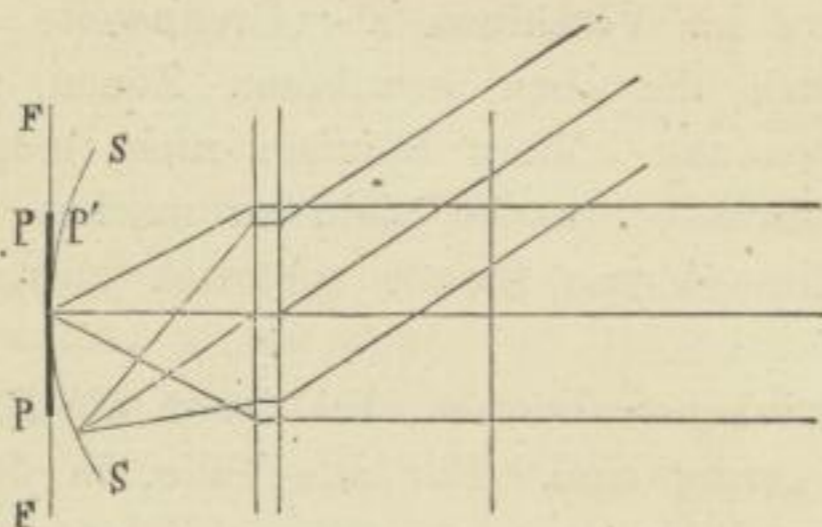


Fig. 241.

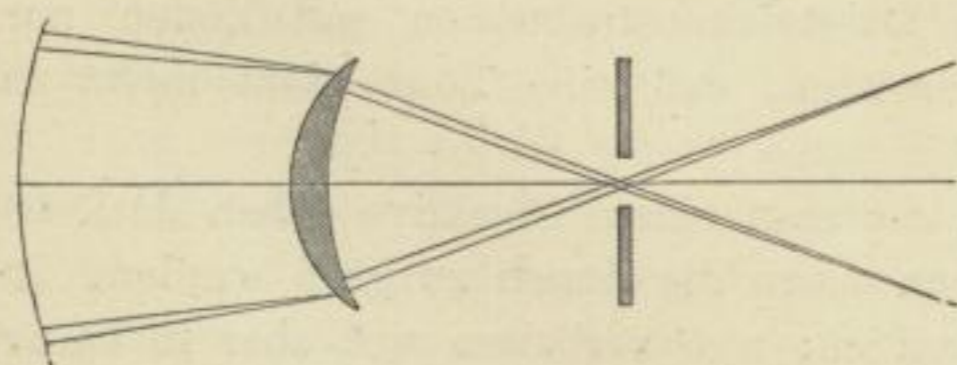


Fig. 242. Bildwölbung.

eine, wie oben (S. 252) angegeben, senkrecht zur Visierlinie aufgestellte Skala, welche horizontale und vertikale Linien hat, und zwar eine Stelle, die ziemlich weit von der Mitte des Gesichtsfeldes nach rechts oder links gegen den Rand hin trifft, so läßt sich leicht konstatieren, daß die vertikalen und horizontalen Linien nicht in derselben Ebene deutlich sind, sondern daß man mit der matten Platte näher gegen das Objektiv rücken muß, um die Horizontallinien möglichst deutlich

zu bekommen, wenn vorher die vertikalen deutlich eingestellt waren.

Davon, wie rasch die Unschärfe gegen den Rand hin wächst, hängt es ab, ob bei einem Objektiv ein großer Gesichtsfeldwinkel benutzt werden kann, da eine große Undeutlichkeit gegen den Rand unstatthaft ist. Dieser Fehler bedingt die Größe des brauch-

baren Gesichtsfeldes; wogegen die Größe des Gesichtsfeldes, die ein Objektiv überhaupt gestattet, vom Verhältnisse des Abstandes der Linsen (oder der beiden äußersten Flächen derselben) zu ihrer Größe bedingt ist.

Bei allen Konstruktionen, auch den besten, wachsen die Fehler gegen den Rand rascher, als der Durchmesser des Bildes; nur deshalb erhält man mit größeren Objektiven größere deutliche Bilder. Verlangt man möglichst scharfe Bilder, wie bei manchen Reproduktionen, so muß das Bild ganz eben gelegt sein und kann nur so weit benutzt werden, als es der Astigmatismus der Linsen gestattet; für andere Zwecke, wo es sich um möglichst großes Gesichtsfeld handelt, kann man das Bild so legen, daß es mit Benutzung seiner Tiefe zwischen Mitte und Rand ausgeglichen wird (siehe Fig. 240, *mm* Ebene des matten Glases, *EEE* Bildfläche).

C. Der Astigmatismus (Astigmatation).

Ein Parallelstrahlenbündel, welches parallel zur Achse einfällt, wird, wie wir gesehen haben, in einem Punkte vereinigt. Ein Parallelstrahlenbündel dagegen, welches schräg zur Achse einfällt, hat nach dem Durchgang durch die Linse zwei Vereinigungspunkte. Der eine wird gebildet durch die Strahlen, welche mit der Achse in einer Ebene liegen (achsenebene Strahlen oder Meridionalstrahlen), der andere von den anderen Strahlen des Bündels (windschiefe oder Sagittalstrahlen). Diese Erscheinung nennt man Astigmatismus. Bringt man einen Aufgangschirm in den Schnittpunkt der achsenebenen Strahlen, so erscheint das Bild des Objektpunktes als kurze horizontale Linie, weil in dieser Ebene die achsenebenen Strahlen sich zwar in einem Punkt schneiden, die windschiefen Strahlen sich aber noch nicht geschnitten haben. Der Bildpunkt der achsenebenen Strahlen wird also überdeckt durch den Schnitt des Aufgangschirmes mit dem windschiefen Strahlenbündel, der sich als gerade Linie zeigt. Bringt man den Schirm in den Schnittpunkt der windschiefen Strahlen, so erscheint eine kurze vertikale Linie, weil der Schnittpunkt der windschiefen Strahlen jetzt überdeckt wird durch den Schnitt des Aufgangschirmes mit den achsenebenen Strahlen, der sich als gerade vertikale Linie zeigt. Fallen diese zwei Bildpunkte zusammen, dann ist das Linsensystem frei von Astigmatismus.

Zur Prüfung auf Astigmatismus kann man sich der beiden gekreuzten Skalen bedienen, die Seite 252 beschrieben sind, wenn die horizontale Skala, die allein notwendig ist, vertikale und horizontale Linien enthält.

Um den Astigmatismus eines Linsensystems graphisch darzustellen, kann man folgendermaßen verfahren:

Man trägt die verschiedenen Neigungen des Lichtbündels mit der Achse auf einer Vertikalen auf, zieht in den einzelnen Punkten Senkrechte zu dieser Vertikalen und trägt nach rechts oder nach links, je nachdem man zur Scharfeinstellung der Mattscheibe vom Objektiv hinweg oder zum Objektiv hin muß, die Verstellung der Mattscheibe gegen die Scharfeinstellung für die Mitte auf, wie sie die Scharfeinstellung der horizontalen und vertikalen Linie erfordert. Die Verbindung der zusammengehörigen Punkte liefert zwei Kurven, von denen die eine (ausgezogene) den Verlauf der Einstellungsveränderung für die horizontalen, die andere (gestrichelte) den für die vertikalen Linien darstellt.

Für jede Neigung liefert die Entfernung der beiden Kurven die „astigmatische Differenz“.

Fallen die beiden Kurven nicht zusammen, sondern verlaufen gleichmäßig zu beiden Seiten der Vertikalen, so ist das Objektiv zwar mit Astigmatismus behaftet, aber frei von „Bildkrümmung“. Liegen beide Kurven auf einer Seite der Vertikalen, so hat das Objektiv Bildkrümmung, und zwar ist das Bild konvex gekrümmt, wenn die Kurven auf der linken Seite liegen, und konkav, wenn sie auf der rechten Seite sind. Fallen dabei die Kurven zusammen, so ist kein Astigmatismus vorhanden, fallen sie nicht zusammen, so hat das Objektiv Astigmatismus und Bildkrümmung.

Ist ein Objektiv frei von Astigmatismus und erscheinen beim Prüfen des Objektives die Ränder der Skala nicht gleichzeitig scharf mit der Mitte, so ist Bildwölbung oder Bildkrümmung vorhanden. Dabei sind also die horizontalen und vertikalen Linien an derselben Stelle gleich scharf. Es ist dann möglich, durch Verstellung der Mattscheibe die Ränder der Skala scharf zu bekommen. Dabei wird natürlich die Mitte unscharf.

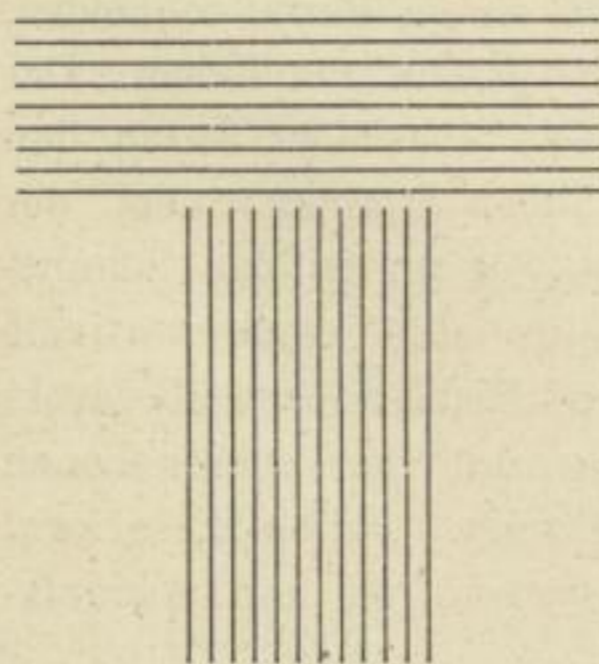


Fig. 243.

Ein gut korrigiertes Objektiv soll weder Astigmatismus noch Bildwölbung besitzen, so daß bei Einstellung auf die Mitte der horizontalen Skala die ganze Skala auf einmal scharf erscheint.

Ebenso wie wir bei der sphärischen Aberration gesehen haben, daß bei der Korrektur für eine bestimmte Öffnung noch eine fehlerhafte Zone für andere Öffnungen vorhanden sein kann, so kann auch

ein Objektiv, dessen Astigmatismus für eine bestimmte Neigung behoben ist, für eine andere Neigung noch solchen besitzen (astig. Zone). In gleicher Weise kann ein Objektiv auch eine Bildfeldkrümmungszone haben. Beide Zonen äußern sich in gleicher Weise dadurch, daß die horizontale Skala in der Mitte scharf, in einer gewissen Entfernung von der Mitte unscharf und in noch weiterer Entfernung wieder scharf sein wird (Fig. 243).

Stellt man mit der Visierscheibe der Kamera in der Mitte ein, so sind Längs- und Querlinien scharf. Versuchen wir aber eine Ein-

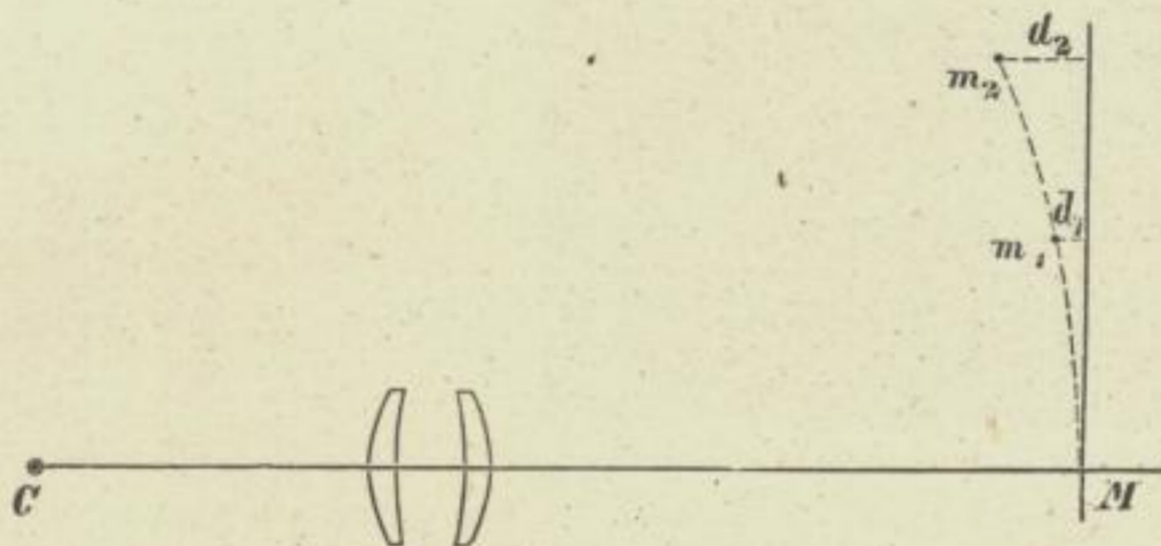


Fig. 244.

stellung auf einen Punkt der Horizontallinie genügend weit außer der Achse des Objectives, so finden wir, daß die scharf erscheinende Horizontale einen anderen Auszug bedingt als die scharfe Vertikale. Es läßt sich leicht konstatieren, daß die vertikalen und horizontalen Linien nicht in derselben Ebene deutlich sind, sondern daß man die Mattscheibe verschieben muß, um die Horizontallinien möglichst deutlich zu bekommen, wenn vorher die vertikalen deutlich eingestellt waren.¹⁾

6. Prüfung auf Verzeichnung oder Distorsion.

Bei Objektiven mit ausgedehntem Bildfeld zeigt es sich manchmal, daß gerade Linien gekrümmt abgebildet werden. Diese Erscheinung nennt man Verzeichnung oder Distorsion. Ihre Wirkung bei der einfachen Linse ist aus den Fig. 26 und 27 zu ersehen. Wenden die gekrümmten Linien ihre konvexe Seite der Mitte der Bilder zu, so nennt man die Verzeichnung kissenförmig, im anderen Falle tonnenförmig. Wirklich merkbare Verzeichnung findet man eigentlich nur bei Objektiven mit Vorderblende.

¹⁾ Vergl. M. Mittenzwei (Eders Jahrbuch f. Phot. 1888. 2. Jahrg., S. 313), insbesondere aber Dr. Rudolph (Eders Jahrb. f. Phot. 1891. S. 225) und Dallmeyer (a. a. O. S. 357).

Auch dieser Fehler läßt sich mittels der Methode der gekreuzten Skalen feststellen. Die horizontalen Linien auf der horizontalen Skala

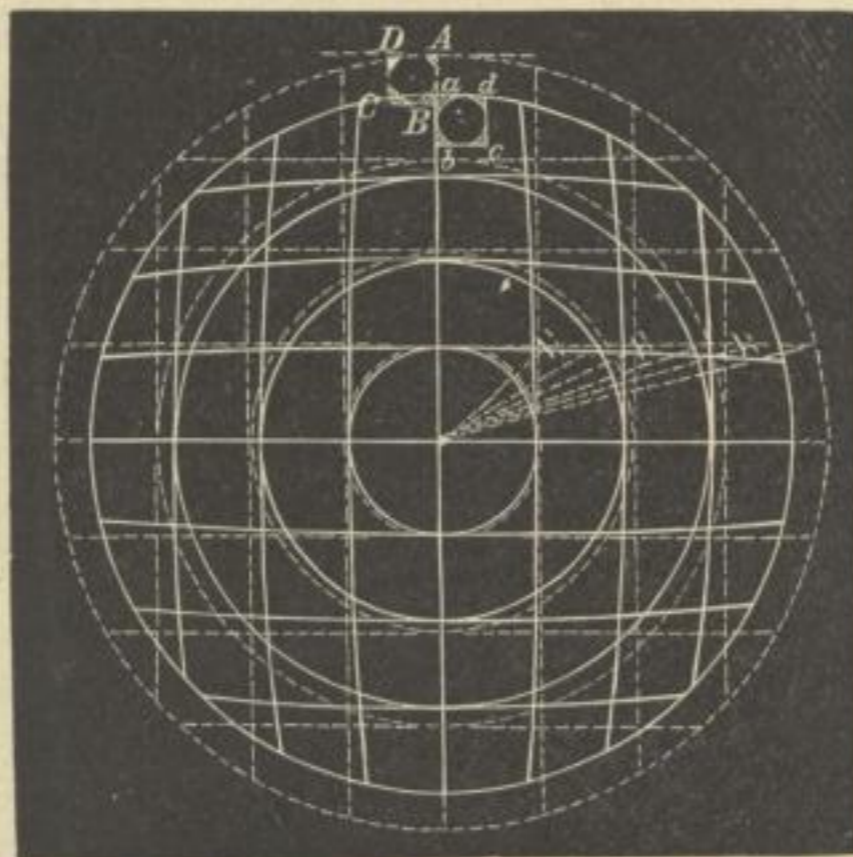


Fig. 245. Verzerrung durch eine einfache Linse.

erscheinen gekrümmt, wenn das Objektiv mit Verzeichnung behaftet ist.

Die Verzeichnung infolge schlechter Aufstellung (zu großer Neigung) des Apparates gehört, als nicht vom Objektiv herührend, nicht hierher.

7. Falsches Licht und heller Fleck. Reflexlicht.

Selbstverständlich ist es, daß im Innern der Kamera und an den Rändern der Fassung glatte und glänzende Stellen vermieden werden müssen, welche

durch Spiegelung falsches Licht ins Bild bringen würden.

Aber wenn auch solche Stellen sorgfältigst beseitigt werden, so ist es doch ganz unvermeidlich, daß noch falsches Licht ins Bild kommt, und zwar durch die Spiegelungen, welche das Licht an den polierten Flächen der Gläser erleidet.

Von dem Lichte, das von einem Gegenstande ausgehend auf das Objektiv fällt und nach den verschiedenen Brechungen durch dasselbe zum Bilde vereinigt werden soll, wird an jeder polierten Fläche ein Teil reflektiert; dieses ist unschädlich, denn es geht in der Richtung vom Bilde weg. Von dem Lichte jedoch, das an der zweiten, dritten oder jeder späteren Fläche reflektiert wird, wird ein Teil zum zweiten Male gespiegelt, wenn er die schon vorher passierten Flächen wieder trifft. Dieser Teil des Lichtes geht in der Richtung des Bildes weiter und verursacht eine Trübung desselben, und zwar um so stärker, je mehr Flächen, die solche Reflexionen veranlassen, vorhanden sind.

Die Zahl solcher Reflexionen wächst rasch mit der Anzahl der getrennt stehenden Linsen; bei einer Linse findet 1 statt, bei zwei Linsen 6, bei drei Linsen 15, bei vier Linsen 28; es ist also unbedingt bei zwei Apparaten von sonst gleicher Leistung dem der Vorzug zu geben, der weniger getrennt stehende Linsen hat; er gibt stets klarere Bilder. Landschaftsaufnahmen mit dem Triplet zeigen stets weniger Brillanz und Kontraste, als solche mit einer einfachen Linse oder einem Aplanat, Anastigmat usw.

Außerdem ist es nötig, daß dieses falsche Licht möglichst weit auseinander geht, ehe es die Bildfläche trifft; dann hat es keine Intensität mehr und wird unschädlich. Bleibt es dagegen enge beisammen, so behält es viel größere Intensität und erzeugt bei greller Beleuchtung den hellen Fleck in der Mitte der Platte. Es ist dies ein Fehler, der durch die Formen der Linsen, also durch die Konstruktion der Objektive bedingt ist und wo er vorhanden, nicht beseitigt werden kann, wie weiter unten nachgewiesen ist.

Wenn man vor einer Porträtlinse Petzvalschen Systems ein Licht in einer Entfernung von 2 bis 3 m aufstellt, dann durch die Linse schaut, so unterscheidet man deutlich 14 reflektierte Bilder (Fig. 246) und zwar in der in der Zeichnung angegebenen verhältnismäßigen Größe. Es muß erwähnt werden, daß diese Bilder die angegebene Form haben, wenn die Vorderlinse des Porträtobjektivs zunächst dem Auge ist und daß man, um diese Bilder gehörig beobachten zu können,



Fig. 246. Reflexbilder eines Objektivs.

das Auge in eine größere Entfernung von der Linse bringen muß, als die Brennweite beträgt.¹⁾

Alle durch zwei Spiegelungen entstehenden Reflexbilder breiten sich als Lichtschein über das Hauptbild aus. Je mehr solcher Reflexbilder vorhanden sind, um so mehr Licht enthält dieser Schein und er wirkt um so störender, je ungleicher er über die Bildfläche verteilt ist. Dies ist auch der Grund, warum die einfache Landschaftslinse Landschaftsbilder von einer Brillanz liefert, welche häufig den mit Doppelobjektiven gemachten Aufnahmen überlegen sind. Bei den Objektiven, die einen hellen Fleck zeigen, ist er in der Mitte konzentriert.

Bei den photographischen Objektiven muß die Anzahl der Reflexbilder vermindert und derartig verteilt werden, daß sich ihr Licht gleichmäßig über die ganze Bildfläche verteilt.

Stellt man auf einen fernen Gegenstand ein und richtet zugleich den Apparat nach dem Himmel, so daß ein dunkler Gegenstand (z. B. ein Schornstein) dazwischen fällt, so sieht man den Lichtfleck auf der matten Scheibe deutlich, sobald das Objektiv in dieser Hinsicht fehlerhaft ist.

1) Kreutzers Zeitschr. 1861. Bd. 4, S. 47.

Nach Ch. Jones (Phot. News. 1887. S. 266; Phot. Wochenbl. 1887. S. 192) stellt man bei Vorhandensein dieses Fehlers (Lichtfleck bei Objektiven) die Kamera auf eine mindestens um das 8fache der Brennweite entfernte Lichtflamme scharf so ein, daß das Bild sich im Mittelpunkt der Visierscheibe befindet und bedeckt den Kopf mit einem schwarzen Tuche. Dreht man nun die Kamera langsam, so daß das Bild der Flamme nach einer Richtung sich bewegt, so wandert der Lichtfleck nach der entgegengesetzten Richtung.

Häufig entspricht der Lichtfleck dem wirklichen Bilde der zwischen den Linsen befindlichen Blende.

Linsen von starker Krümmung zeigen den Lichtfleck häufiger; durch Nähern der beiden Linsenhälften oder Änderung der Blendeneinstellung läßt sich der Lichtfleck beseitigen. Bei einer einfachen Linse entfernt man z. B. die Blende oder nähert sie der Linse; man muß aber beachten, daß, je weiter die Blende von der Linse entfernt wird, als absolut notwendig ist, der Lichtkegel unnütz verengt wird und dunkle Ränder an den Bildern entstehen. — Bei der Petzval'schen Porträtlinse hilft Näherung der Hinterlinse an die Vorderlinse. — Die Kugellinse gibt vermöge ihrer Form ein starkes Blendenbild (Lichtfleck); dieser Fehler ist sehr schwer zu beseitigen, schwerer als bei anderen Linsen. Auch das alte Busch'sche Triplet und das Pantoskop gaben Lichtflecken in der Mitte des Bildes, welche jedoch bei den neueren Konstruktionen behoben sind. — Frei vom Lichtfleck sind der Aplanat, Euryskop, Antiplanet, Anastigmat, Zeiss' Triplet, Lynkeioskop, Rektilinear usw.

Oft rührt der Lichtfleck davon her, daß die Messingfassung oder Blende glänzt oder blank schwarz statt matt schwarz ist, weshalb es vorkommt, daß Objektive, die früher fehlerfrei waren, mit der Zeit immer stärkere Lichtflecke liefern.

8. Gesichtsfeld.

Betrachtet man die Mattscheibe einer genügend großen, auf unendlich eingestellten und gegen den Himmel gerichteten Kamera, so sieht man auf derselben eine helle, ziemlich scharf begrenzte Kreisfläche. Die Größe dieser kreisrunden Fläche hängt von dem Durchmesser und der Dicke des Objektivs ab. Es wirken nämlich der vordere und hintere Fassungsrand als Blenden. Da diese kreisrund sind, muß natürlich auch die auf der Mattscheibe entstehende Lichtfläche kreisförmig begrenzt sein. Von der eigentlichen Blende des Objektivs ist der Durchmesser dieser Kreisfläche unabhängig, wenn die Blende, wie dieses bei den meisten Objektiven der Fall ist, sich im optischen Mittel-

punkt des Objektivs befindet. Die kreisrunde Fläche nennt man Gesichtsfeld, den Winkel, unter welchem dieser vom optischen Mittelpunkt aus erscheint, den Gesichtsfeldwinkel.

Den Gesichtsfeldwinkel findet man folgendermaßen: Man stellt die wahre Brennweite des Objektivs fest und zeichnet sich ein gleichschenkliges Dreieck, dessen Grundlinie der Durchmesser des Bildfeldes und dessen Höhe auf die Grundlinie die wahre Brennweite des Objektivs ist.

$$\begin{aligned} BC &= d = \text{Durchmesser des Bildfeldes,} \\ AD &= f = \text{wahre Brennweite des Objektivs,} \\ BAC &= \alpha = \text{Gesichtsfeldwinkel.} \end{aligned}$$

Die Berechnung des Winkels ist einfach. Es ist

$$\text{tang } \frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2} : f = \frac{d}{2f}.$$

Hieraus findet man $\frac{\alpha}{2}$ und dann den Winkel α selbst.

Je nach der Konstruktion des an der Kamera sich befindlichen Objektivs wird bei der Einstellung auf einen Gegenstand nur ein Teil des Gesichtsfeldes scharf. Diesen Teil nennt man das brauchbare Gesichtsfeld oder das Bildfeld.

Man kann den Bildfeldwinkel auch durch Rechnung unter Benutzung der von Steinheil angegebenen Tabellen ermitteln.

Steinheil verfährt in folgender Weise: Er stellt mit dem Apparate auf sehr entfernte Objekte ein (ein Abstand von 100 Brennweiten kann schon als sehr entfernt betrachtet werden) und mißt, indem man nacheinander die verschiedenen Blendungen einsetzt, den Durchmesser des Bildes, der mit jedem derselben noch deutlich erscheint. Diese Zahlen, welche den Durchmesser des deutlichen Bildes ausdrücken, dividiert man durch die Brennweite; mit der hierdurch erhaltenen Zahl entnimmt man aus nachstehender Tabelle A den Gesichtsfeldwinkel.

Es ergibt z. B. ein Objektiv von 20 cm Brennweite mit der größten Blende ein deutliches Bild von 12 cm Durchmesser. 12 dividiert durch 20 gibt 0,60; geht man nun in Tabelle A in Rubrik I (Bild Durchmesser durch Brennweite) bis zur Zahl 0,60 (oder zur nächsten Zahl 0,593), so findet man auf derselben Horizontallinie in Rubrik II (Gesichtsfeldwinkel) 33 Grade.

Die Tabelle ist auch bequem zu brauchen, wenn man von einem Objektiv die Brennweite und den Gesichtsfeldwinkel kennt, um die Bildgröße zu finden, die er gibt. Zu diesem Zwecke suche man in Rubrik II den gegebenen Gesichtsfeldwinkel und lese auf der gleichen Horizontallinie die Zahl in Rubrik I ab; diese abgelesene Zahl mit der Brennweite multipliziert gibt die Bildgröße.

Z. B. es gibt ein Objektiv mit seiner kleinsten Blende 65 Grad deutlich; dabei sei seine Brennweite 14 cm. Geht man in Rubrik II bis 65 Grad, so findet sich auf

Tabelle A.

Rubr. I	Rubr. II	Rubr. I	Rubr. II	Rubr. I	Rubr. II
Bilddurchm. durch Brennweite	Gesichtsfeld- winkel Grade	Bilddurchm. durch Brennweite	Gesichtsfeld- winkel Grade	Bilddurchm. durch Brennweite	Gesichtsfeld- winkel Grade
0,018	1	0,768	42	1,77	83
0,035	2	0,788	43	1,80	84
0,053	3	0,808	44	1,83	85
0,070	4	0,828	45	1,87	86
0,088	5	0,849	46	1,90	87
0,105	6	0,870	47	1,93	88
0,123	7	0,891	48	1,97	89
0,140	8	0,912	49	2,00	90
0,158	9	0,933	50	2,04	91
0,175	10	0,955	51	2,07	92
0,193	11	0,976	52	2,11	93
0,210	12	0,998	53	2,15	94
0,228	13	1,02	54	2,18	95
0,245	14	1,04	55	2,22	96
0,263	15	1,06	56	2,26	97
0,281	16	1,08	57	2,30	98
0,299	17	1,11	58	2,34	99
0,317	18	1,13	59	2,38	100
0,335	19	1,16	60	2,43	101
0,353	20	1,18	61	2,47	102
0,371	21	1,20	62	2,51	103
0,389	22	1,23	63	2,56	104
0,407	23	1,25	64	2,61	105
0,425	24	1,27	65	2,65	106
0,443	25	1,30	66	2,70	107
0,462	26	1,32	67	2,75	108
0,480	27	1,35	68	2,80	109
0,499	28	1,37	69	2,86	110
0,517	29	1,40	70	2,91	111
0,536	30	1,43	71	2,97	112
0,555	31	1,45	72	3,02	113
0,574	32	1,48	73	3,08	114
0,593	33	1,51	74	3,14	115
0,612	34	1,53	75	3,20	116
0,631	35	1,56	76	3,26	117
0,650	36	1,59	77	3,33	118
0,670	37	1,62	78	3,40	119
0,689	38	1,65	79	3,46	120
0,709	39	1,68	80	3,53	121
0,728	40	1,71	81	3,61	122
0,748	41	1,74	82	3,68	123

derselben Horizontallinie in Rubrik I die Zahl 1,27; es wird somit die Bildgröße gleich $1,27 \times 14 = 17,8$ cm.

Astigmatisch-korrigierte Objektive von der Helligkeit 1:6 bis 1:8 haben in der Regel schon bei voller Öffnung ein scharfes Bildfeld von ca. 60 Grad, das sich bei Abblendung auf 80 bis 90 Grad steigern läßt. Nicht astigmatisch korrigierte Objektive von dieser Helligkeit haben dagegen bei voller Öffnung ein scharfes Bildfeld von ca. 40 bis 45 Grad.

Das große Bildfeld der astigmatisch korrigierten Objektive erlaubt große Plattenformate mit kleinen Brennweiten auszuzeichnen. Dieses ist hauptsächlich bei der

Verwendung dieser Objektive in Handkameras von Vorteil. Doch ist dabei nicht zu übersehen, daß die Bilder infolge übertriebener Perspektive ein unnatürliches Aussehen bekommen. Um diese Bilder natürlich erscheinen zu lassen, müßte man sie aus einer Entfernung betrachten, die gleich ist der Brennweite des Objectives, mit dem sie aufgenommen sind. Ist nun diese Brennweite kürzer als die deutliche Sehweite (25 cm), wie dieses bei Handkameras ja meistens der Fall ist, so ist dieses natürlich nicht möglich. Nimmt man räumlich ausgedehnte Objekte mit Objectiven von kurzer Brennweite aus sehr großer Nähe auf, so kann die unnatürliche Perspektive geradezu wie Verzeichnung wirken. Ein interessantes Beispiel enthält Fig. 247. Sie zeigt die mit einer kleinen Handkamera (Objektiv von sehr kurzer Brennweite) aufgenommene Photographie eines in einem Stuhle sitzenden Knaben. Der Stuhl war schräg gestellt, die eine Lehne war dem Apparate zu nahe (z. B. 1 m), da der Operateur offenbar das Bestreben hatte, das Bild in möglichst großem Maßstabe zu

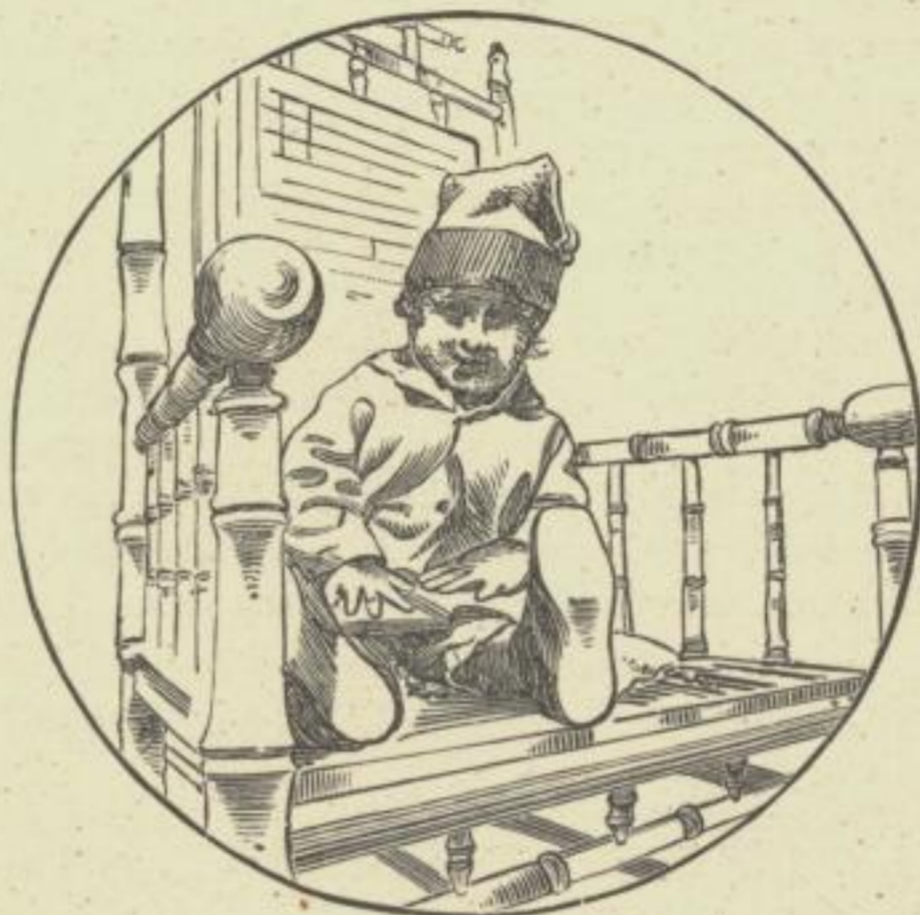


Fig. 247.



Fig. 248.



Fig. 249.

halten. Das Resultat (Faksimile einer Photographie) ist völlig unbrauchbar! Die eine Lehne sowie die Schuhsohlen treten enorm groß hervor, der Stuhl erscheint verbreitert und die Lehne verliert sich im Hintergrunde. Ebenso lehrreich ist die Mißbildung von Fig. 248, wo ein in der Längsrichtung stehender Hund aus großer Nähe

photographiert wurde und die Hinterbeine doppelt so lang als die Vorderbeine ausfielen. Hätte der Hund quer gestanden, so wäre die Verzeichnung kaum merklich gewesen. Keinesfalls aber verlange man von kleinen Handapparaten und Linsen von sehr kurzem Fokus, daß sie fehlerlos Objekte in großem Maßstabe zeichnen. Fig. 249 zeigt eine Photographie, welche mit demselben kleinen Apparate aufgenommen ist: Die Kuh war 5 Meter vom Apparate entfernt und läßt keinerlei störende Verzerrung des Bildes wahrnehmen.

9. Plattengröße, welche ein Objektiv mit deutlichem Bilde deckt.

Die Plattengröße wird bedingt und begrenzt durch den Gesichtsfeldwinkels und die Abnahme der Deutlichkeit der Bilder. Beim Einstellen auf entfernte Gegenstände erhält man eine größere scharfe Bildfläche, als bei nahen Gegenständen; im letzteren Falle kann man entweder nur einen kleineren Teil des Gesichtsfeldwinkel benutzen oder durch Anwendung engerer Blendungen die Deutlichkeit erhöhen.¹⁾

Die scharfe Bildfläche (das brauchbare Bildfeld) stellt sich als Kreis dar, in welchem das viereckige Bild (resp. die photographische Platte) eingezeichnet werden kann.

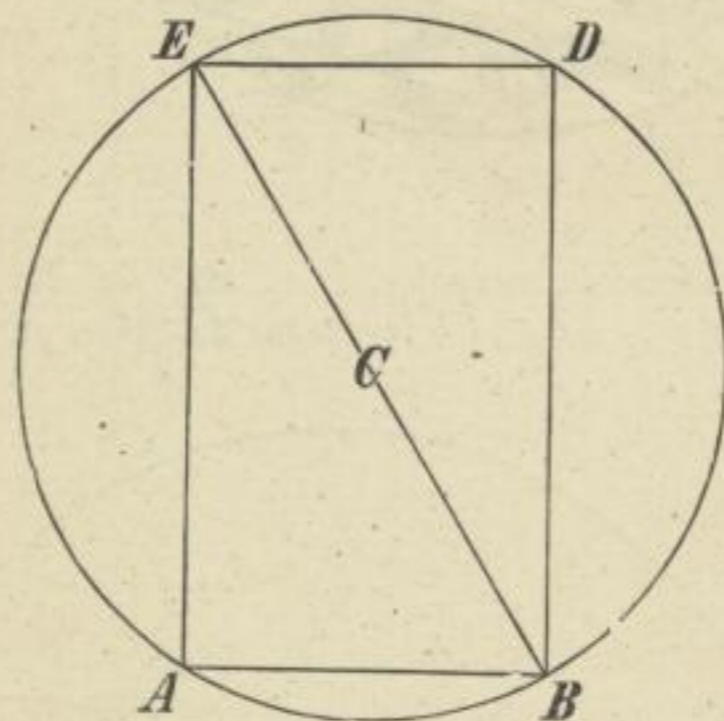


Fig. 250.

Alle Platten, welche der Photograph anwendet, sind rechteckig, wie etwa in beistehender Fig. 250 das Viereck, dessen Ecken mit $ABDE$ bezeichnet sind, nur daß das Verhältnis der Seiten AB und AE zueinander nicht immer dasselbe ist.

In jedem Rechteck kann man sich zwischen den gegenüberstehenden Endpunkten, wie hier zwischen B und E , Linien (Diagonalen) schräg hindurchgezogen denken. Sucht man den Mittelpunkt C dieser Diagonale, so kann man einen Kreis um C herumziehen, welcher durch alle vier Endpunkte des Rechteckes $ABDE$ hindurchgeht. Der Durchmesser EB dieses Kreises ist gleich dem Durchmesser des Bildfeldes und gleich der

Diagonale der Platte. Mittels der Tabelle A auf Seite 263 und der nachstehenden Tabelle B kann man aus dem Bildwinkel und der Brennweite sofort die Plattengröße und deren Diagonalen ermitteln.

In Tabelle B Rubrik III versteht man unter „ f “ die Brennweite in cm ausgedrückt. Mit den aus Tabelle B Rubrik III erhaltenen Zahlen geht man in die Rubrik I der Tabelle A und sucht dort diese Zahl. Wenn diese nicht vorhanden ist, nimmt man die derselben am nächsten liegende. Aus der Rubrik II derselben Tabelle A erhält man sofort den zugehörigen Bildwinkel.

1. Beispiel: Welchen Bildwinkel habe ich notwendig, wenn nur ein Objektiv von der Brennweite $f = 15$ cm zur Verfügung steht und ich ein Bild von der Größe 12×16 erhalten will?

1) Aus demselben Grunde, weil mit dem Maßstabe (der Brennweite) eines Objektivs alle Fehler wachsen, muß dieselbe Konstruktion, wenn sie mit verschiedenen großen Blenden ausgeführt wird, bei den größeren Brennweiten kleinere Gesichtsfeldwinkel und kleinere Helligkeit erhalten, wenn gleiche Deutlichkeit verlangt wird.

Aus Tabelle B erhalte ich die Länge der Diagonale der Platte 12×16 gleich der Zahl 20. Diese muß dann geteilt werden durch die Brennweite:

$$\frac{20 : 15 = 1,33}{50}$$

Die Zahl 1,33 wird jetzt in der Rubrik I der Tabelle A gesucht. Die ihr in dieser Rubrik am nächsten stehende Zahl ist 1,32 und dieser entspricht (Rubrik II) ein Bildwinkel von 67 Grad.

Tabelle B.

Rubrik I	Rubrik II	Rubrik III
Plattenformat cm \times cm	Länge der Diagonale \Rightarrow Bild- durchmesser cm	Bilddurchmesser dividiert durch Brennweite
6×9	10,8	$10,8 : f$
9×12	15,0	$15,0 : f$
12×16	20,0	$20,0 : f$
13×18	22,2	$22,2 : f$
13×21	24,7	$24,7 : f$
16×21	26,4	$26,4 : f$
18×24	30,0	$30,0 : f$
24×30	38,4	$38,4 : f$
30×40	50,0	$50,0 : f$
40×50	64,0	$64,0 : f$
50×60	78,0	$78,0 : f$

2. Beispiel: Zu einer Innenaufnahme brauche ich einen Bildwinkel von 90 Grad und möchte die Platte 24×30 bedecken. Welche Brennweite ist notwendig? In Tabelle A Rubrik II suche ich den Winkel von 90 Grad. Diesem entspricht in der zugehörigen Rubrik eine Zahl = 2,00. Hierauf suche ich in Tabelle B Rubrik I das Plattenformat 24×30 . Diesem entspricht ein Bilddurchmesser von 38,4 cm und dann muß sein: $38,4 : f = 2,00$ oder $f = 38,4 : 2 = 19,2$ cm. Vorausgesetzt ist dabei natürlich ein Weitwinkelobjektiv von mindestens 90 Grad Gesichtsfeld.

10. Die Größe des Gegenstandes im Bilde im Zusammenhänge mit dessen Entfernung und der Brennweite des Objektives.

Ist auf einen sehr entfernten Gegenstand eingestellt, so liegt das Bild möglichst nahe dem Objektiv, d. h. der Auszug der Kamera wird sehr zusammengeschoben sein; je näher der Gegenstand kommt, desto weiter und weiter rückt das Bild weg; die Visierscheibe muß, um scharf einzustellen, weiter vom Objektiv entfernt werden.

Wenn man denselben Gegenstand in verschiedenen Abständen von einem Objektiv aufstellt und jedesmal auf Deutlichkeit einstellt, so wird sich zeigen, daß das Bild dieses Gegenstandes auf der matten Scheibe jedesmal eine andere Größe hat, und zwar wird das Bild um so kleiner, je weiter der Gegenstand entfernt war.

Diese für den Photographen sehr wichtigen Verhältnisse wurden bereits auf Seite 6 geschildert und die Steinheilsche Tabelle mitgeteilt.

Jedermann, der sich der Camera obscura für Porträt- oder Landschaftsaufnahme bedient, muß sehr oft außer der Brennweite des Objectives wissen, 1. welches die Größe des Bildes sein wird, 2. die Entfernung vom Objekt, welches aufzunehmen ist, 3. die Länge des Auszuges für die matte Scheibe.¹⁾ Sind von diesen Größen zwei bekannt, so ist es leicht, die andern zwei durch Rechnung zu bestimmen. Gewöhnlich kennt man die Brennweite des Objectives und das Größenverhältnis des Bildes zum Objekte. Diese letztere Größe ist ein Bruch, dessen Zähler 1 andeutet, daß das Objekt als Einheit genommen ist, und der Nenner drückt aus, wie viel mal die Größe des Bildes in derjenigen des Objektes enthalten ist. Sei z. B. das Größenverhältnis des Bildes zum Objekte $\frac{1}{10}$, so bedeutet dies, daß das Bild 10 mal kleiner ist als der Gegenstand. Ist dieses Verhältnis $\frac{1}{1}$ oder ein Ganzes, so sind das Bild und der Gegenstand von gleicher Größe.

Um in der Praxis die Bestimmung dieses Verhältnisses zu erleichtern, wählt Suter zwei Einheiten, nämlich die eine, welche der gewöhnlichen Größe des Kopfes einer Person entspricht, d. i. 21 cm, und für das Porträtfach dient, die andere, zum Zwecke der Aufnahmen von Monumenten oder Ansichten, soll die mittlere Größe eines Mannes sein, nämlich 175 cm.

Nach diesen Annahmen ist auch die S. 269 stehende Tabelle berechnet, welche das Verhältnis des Bildes zum Objekt gibt für eine gegebene Größe, welche das Bild haben soll. Sei es der Kopf eines Porträts, oder die stehende Person in der aufzunehmenden Ansicht oder Landschaft.

Will man z. B. ein Porträt machen, dessen Kopf 26 mm groß sein soll, so gibt die Tabelle an, daß das Verhältnis des Bildes zum Objekt $\frac{1}{8}$ ist. Handelt es sich um eine Ansicht, worin Personen in der Größe von 11 mm erscheinen sollen, so finden wir in der gleichen Tabelle fragliches Verhältnis von $\frac{1}{160}$. Die Wahl der Größe eines Mannes als Maß wird, wo es sich um Monumente oder Ansichten handelt, oft nützlich, um zum voraus zu bestimmen und ohne die Kamera an Stelle zu bringen, ob man ein gewisses Monument oder Terrain ganz auf eine gegebene Platte bringen kann. Nehmen wir an, mit einem Apparat für Platten von 22 auf 16 cm soll auf diese Dimension irgend ein Monument aufgenommen werden. Mit Benutzung einer Gelegenheit, wo eine Person nahe am Monument vorbeigeht, oder mit Hilfe eines Gehilfen kann durch Schätzung bestimmt werden, wievielmals fragliches Gebäude höher ist, als die Person. Ist es ungefähr 15 mal höher, so schließen wir daraus, daß, wenn die Platte von dem Monument in ihrer ganzen Höhe bedeckt ist, die Person einen Raum von $\frac{1}{15}$ von 16 cm einnehmen würde, d. i. $10\frac{1}{2}$ mm. Unsere Tabelle zeigt, daß dann das Verhältnis des Bildes zum Gegenstand $\frac{1}{170}$ ist; um ein solches

1) Suter, Phot. Mitt. 1881. Bd. 18, S. 163.

Bild zu erhalten, bedarf es für ein Objektiv von 50 cm Brennweite einer Entfernung von 86 m.

Verhältnis des Bildes zum Objekt	Größe des Bildes eines Mannes	Größe des Bildes eines Kopfes	Verhältnis des Bildes zum Objekt	Größe des Bildes eines Mannes	Größe des Bildes eines Kopfes
$\frac{1}{1}$	1750 mm	210 mm	$\frac{1}{35}$	50 mm	6 mm
$\frac{1}{2}$	875 "	105 "	$\frac{1}{40}$	44 "	$5\frac{1}{4}$ "
$\frac{1}{3}$	583 "	70 "	$\frac{1}{45}$	39 "	$4\frac{3}{4}$ "
$\frac{1}{4}$	437 "	52 "	$\frac{1}{50}$	35 "	$4\frac{1}{4}$ "
$\frac{1}{5}$	350 "	42 "	$\frac{1}{60}$	29 "	$3\frac{1}{2}$ "
$\frac{1}{6}$	292 "	35 "	$\frac{1}{70}$	25 "	3 "
$\frac{1}{7}$	250 "	30 "	$\frac{1}{80}$	22 "	$2\frac{1}{2}$ "
$\frac{1}{8}$	219 "	26 "	$\frac{1}{90}$	19 "	$2\frac{1}{3}$ "
$\frac{1}{9}$	194 "	23 "	$\frac{1}{100}$	18 "	$2\frac{1}{10}$ "
$\frac{1}{10}$	175 "	21 "	$\frac{1}{120}$	15 "	$1\frac{3}{4}$ "
$\frac{1}{15}$	117 "	14 "	$\frac{1}{140}$	13 "	$1\frac{1}{2}$ "
$\frac{1}{20}$	88 "	11 "	$\frac{1}{160}$	11 "	$1\frac{1}{3}$ "
$\frac{1}{25}$	70 "	8 "	$\frac{1}{180}$	10 "	$1\frac{1}{5}$ "
$\frac{1}{30}$	58 "	7 "	$\frac{1}{200}$	9 "	1 "

Wir können durch ein ähnliches Verfahren den Raum auffinden, welchen ein Monument von dem Orte, wo man sich befindet, aufgenommen, auf der Platte in der Höhe einnehmen würde. Zu diesem Behufe stelle man sich in gerader Richtung vor dem betreffenden Gebäude auf und sende einen Gehilfen so weit vor sich hin, bis derselbe in der gleichen Höhe wie das Monument erscheint. Man messe nun ungefähr die Distanz bis zum Gehilfen. Ist diese z. B. 14 Meter, so ist die Höhe eines Mannes (175 cm) achtmal darin enthalten. Dasselbe Verhältnis findet statt zwischen der Brennweite des Objectives und der Höhe, welche die Person, folglich auch die des Gebäudes, auf der Platte einnehmen würde. Ist daher die Brennweite des Objectives 40 cm, so erscheint auf der Platte das Monument in der Höhe von 5 cm.

Mit Anwendung folgender Tabellen (S. 270 und 271) und der angedeuteten Verfahren wird man oft enthoben sein, mit den großen Apparaten die gewünschten Größen und die erforderlichen Entfernungen an Ort und Stelle suchen zu müssen.

Die erste senkrechte Reihe enthält die Brennweiten von 5 zu 5 cm für 10 bis 100 cm; für die dazwischen liegenden Brennweiten kann man die Resultate nach den oben angegebenen Regeln berechnen. Die zweite senkrechte Abteilung, welche oben den Bruch $\frac{1}{1}$ oder 1 trägt, gibt in Hinsicht auf die Größe des Bildes, gegenüber der ersten Kolumne, jedesmal zwei Zahlen. Die erste ist die Entfernung des Gegenstandes, die zweite die des matten Glases. Die Summe dieser beiden Zahlen ist also die Entfernung des Gegenstandes vom Bilde, wenn man den kleinen Zwischenraum, der die vereinigten Zentren trennt, hinzurechnet. Die bezieht sich besonders auf Doppelobjective, meistens kann man jedoch deren Zwischenraum unberücksichtigt lassen. Die dritte Vertikalreihe enthält ähnliche Angaben, aber für eine Bildgröße von $\frac{1}{2}$, die vierte Reihe gibt sie für $\frac{1}{3}$ und so die folgenden.

Nehmen wir an, daß man mit einem Objective von 30 cm Brennweite ein Porträt von $\frac{1}{6}$ Größe machen wollte. Ausgehend von der Zahl 30 der ersten Vertikalreihe,

Brennweite des angew. Objektives	Reduktionsverhältnis														
	$1/1$	$1/2$	$1/3$	$1/4$	$1/5$	$1/6$	$1/7$	$1/8$	$1/9$	$1/10$	$1/15$	$1/20$	$1/25$	$1/30$	$1/35$
	Abstand des Gegenstandes und Bildes vom optischen Mittelpunkte														
0,10	0,20 0,20	0,30 0,15	0,40 0,13	0,50 0,13	0,60 0,12	0,70 0,12	0,80 0,11	0,90 0,11	1,00 0,11	1,10 0,11	1,60 0,11	2,10 0,11	2,60 0,10	3,10 0,10	3,60 0,10
0,15	0,30 0,30	0,45 0,23	0,60 0,20	0,75 0,19	0,90 0,18	1,05 0,18	1,20 0,17	1,35 0,17	1,50 0,17	1,65 0,17	2,40 0,16	3,15 0,16	3,90 0,16	4,65 0,16	5,40 0,15
0,20	0,40 0,40	0,60 0,30	0,80 0,27	1,00 0,25	1,20 0,24	1,40 0,23	1,60 0,23	1,80 0,23	2,00 0,22	2,20 0,22	3,20 0,21	4,20 0,21	5,20 0,21	6,20 0,21	7,20 0,21
0,25	0,50 0,50	0,75 0,38	1,00 0,33	1,25 0,31	1,50 0,30	1,75 0,29	2,00 0,29	2,25 0,28	2,50 0,28	2,75 0,28	4,00 0,27	5,25 0,26	6,50 0,26	7,75 0,26	9,00 0,26
0,30	0,60 0,60	0,90 0,45	1,20 0,40	1,50 0,38	1,80 0,36	2,10 0,35	2,40 0,34	2,70 0,34	3,00 0,33	3,00 0,33	4,80 0,32	6,30 0,32	7,80 0,31	9,30 0,31	10,80 0,31
0,35	0,70 0,70	1,05 0,53	1,40 0,47	1,75 0,44	2,10 0,42	2,45 0,41	2,80 0,40	3,15 0,39	3,50 0,39	3,85 0,39	5,60 0,37	7,35 0,37	9,10 0,36	10,85 0,36	12,60 0,36
0,40	0,80 0,80	1,20 0,60	1,60 0,53	2,00 0,50	2,40 0,48	2,80 0,47	3,20 0,46	3,60 0,45	4,40 0,44	4,40 0,44	6,40 0,43	8,40 0,42	10,40 0,41	12,40 0,41	14,40 0,41
0,45	0,90 0,90	1,35 0,68	1,80 0,60	2,25 0,56	2,70 0,54	3,15 0,53	3,60 0,51	4,05 0,51	4,50 0,50	4,95 0,50	7,20 0,48	9,45 0,47	11,70 0,47	13,95 0,47	16,20 0,46
0,50	1,00 1,00	1,50 0,75	2,00 0,67	2,50 0,63	3,00 0,60	3,50 0,58	4,00 0,57	4,50 0,56	5,00 0,55	5,50 0,55	8,00 0,53	10,50 0,53	13,00 0,52	15,50 0,52	18,00 0,51
0,55	1,10 1,10	1,65 0,83	2,20 0,73	2,75 0,69	3,30 0,66	3,85 0,64	4,40 0,63	4,95 0,62	5,50 0,61	6,05 0,61	8,80 0,59	11,55 0,58	14,30 0,57	17,05 0,57	19,80 0,57
0,60	1,20 1,20	1,80 0,90	2,40 0,80	3,00 0,75	3,60 0,72	4,20 0,70	4,80 0,69	5,40 0,68	6,00 0,66	6,60 0,66	9,60 0,64	12,60 0,63	15,60 0,62	18,60 0,62	21,60 0,62
0,65	1,30 1,30	1,95 0,98	2,60 0,87	3,25 0,81	3,90 0,78	4,55 0,76	5,20 0,74	5,85 0,73	6,50 0,72	7,15 0,72	10,40 0,69	13,65 0,68	16,90 0,68	20,15 0,67	23,40 0,67
0,70	1,40 1,40	2,10 1,05	2,80 0,93	3,50 0,87	4,20 0,84	4,90 0,82	5,60 0,80	6,30 0,79	7,00 0,77	7,70 0,77	11,20 0,75	14,70 0,74	18,20 0,73	21,70 0,72	25,20 0,72
0,75	1,50 1,50	2,25 1,13	3,00 1,00	3,75 0,94	4,50 0,90	5,25 0,88	6,00 0,86	6,75 0,84	7,50 0,83	8,28 0,83	12,00 0,80	15,75 0,79	19,50 0,78	23,25 0,77	27,00 0,77
0,80	1,60 1,60	2,40 1,20	3,20 1,07	4,00 1,00	4,80 0,96	5,60 0,93	6,40 0,91	7,20 0,90	8,00 0,88	8,80 0,88	12,80 0,85	16,80 0,84	20,80 0,83	24,80 0,83	28,80 0,82
0,85	1,70 1,70	2,55 1,28	3,40 1,13	4,25 1,06	5,10 1,02	5,95 0,99	6,80 0,97	7,65 0,96	8,50 0,94	9,35 0,94	13,60 0,91	17,85 0,89	22,10 0,88	26,35 0,88	30,60 0,87
0,90	1,80 1,80	2,70 1,35	3,60 1,20	4,50 1,12	5,40 1,08	6,30 1,05	7,20 1,03	8,10 1,01	9,00 0,99	9,90 0,99	14,40 0,96	18,90 0,95	23,40 0,94	27,00 0,93	32,40 0,93
0,95	1,90 1,90	2,85 1,43	3,80 1,27	4,75 1,19	5,70 1,14	6,65 1,11	7,60 1,09	8,55 1,07	9,50 1,05	10,45 1,01	15,20 1,00	19,95 0,99	24,70 0,98	29,45 0,98	34,20 0,98
1,00	2,00 2,00	3,00 1,50	4,00 1,33	5,00 1,25	6,00 1,20	7,00 1,17	8,00 1,14	9,00 1,13	10,00 1,07	11,00 1,07	16,00 1,05	21,00 1,04	26,03 1,04	31,03 1,03	36,00 1,03

verfolgt man die Horizontallinie, bis man zu der Vertikalreihe gekommen ist, welche die Aufschrift $1/6$ trägt. Hier trifft man auf das Fach, wo sich die beiden Zahlen 2,10 und 0,35 befinden. Die erste zeigt an, daß die Person 2 m und 10 cm vom Objektiv entfernt sein muß, und die zweite lehrt, daß das matte Glas, in den Brennpunkt gebracht, ungefähr 35 cm entfernt sein wird.

Reduktionsverhältnis												
$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{45}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{70}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{90}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{120}$	$\frac{1}{140}$	$\frac{1}{160}$	$\frac{1}{180}$	$\frac{1}{200}$
Abstand des Gegenstandes und Bildes vom optischen Mittelpunkt												
4,10	4,60	5,10	6,10	7,10	8,10	9,10	10,10	12,10	14,10	16,10	18,10	20,10
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
6,15	6,90	7,65	9,15	10,65	12,15	13,65	15,15	18,15	21,15	24,15	27,15	30,15
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
8,20	9,20	10,20	12,20	14,20	16,20	18,20	20,20	24,20	28,20	32,20	36,20	40,20
0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
10,25	11,50	12,75	15,25	17,75	20,25	22,75	25,25	30,25	35,25	40,25	45,24	50,25
0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
12,30	13,80	15,30	18,30	21,30	24,30	27,80	30,30	36,30	42,30	48,30	54,30	60,30
0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
14,35	16,10	17,85	21,35	24,85	28,35	31,85	35,35	42,35	49,35	56,35	63,35	70,35
0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
16,40	18,40	20,40	24,40	28,40	32,40	36,40	40,40	48,40	56,40	64,40	72,40	80,40
0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
18,45	20,70	22,95	27,45	31,95	36,45	40,95	45,45	54,45	63,45	72,45	81,45	89,45
0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
20,50	23,00	25,50	30,50	35,50	40,50	45,50	50,50	60,50	70,50	80,50	90,50	100,50
0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
22,55	25,30	28,05	33,55	39,08	44,55	50,50	55,55	66,55	77,55	88,55	99,55	110,55
0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
24,60	27,60	30,60	36,60	42,60	48,60	54,60	60,60	72,60	84,60	96,60	108,60	120,60
0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60
26,65	29,90	33,15	39,65	46,15	52,65	59,15	65,65	78,65	91,61	104,65	117,65	130,65
0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65
28,70	32,20	35,70	42,70	49,70	56,70	63,70	70,70	84,70	98,70	112,70	126,70	140,70
0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70
30,75	34,50	38,25	45,75	53,25	60,75	68,25	75,75	90,75	105,75	120,75	135,75	150,75
0,77	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75
32,80	36,80	40,80	48,80	56,80	64,80	72,80	80,80	96,80	112,80	128,80	144,80	160,80
0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,80	0,80
34,85	39,10	43,35	51,85	60,35	68,85	77,35	85,85	102,85	119,85	136,85	153,85	170,85
0,87	0,87	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,85	0,85
36,90	41,40	45,90	54,90	63,90	72,80	81,90	90,90	108,90	126,90	144,90	162,90	180,90
0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,90
38,93	43,70	48,45	57,95	67,45	76,95	86,45	95,95	114,95	133,95	152,95	171,95	190,95
0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95
41,00	46,00	51,00	61,00	71,00	81,00	91,00	101,00	121,00	141,00	161,00	181,00	201,00
1,02	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01

Die Resultate der Tafel sind genau bis ungefähr auf einen Zentimeter; eine größere Genauigkeit würde unnütz gewesen sein, besonders für diejenige Zahl, welche die Entfernung des matten Glases bestimmt, vorausgesetzt, daß man dieselbe immer durch genaues Einstellen regelt.

Es ist immer gut, dieses letzte Größenverhältnis zu kennen, wenn es auch nur

wäre, um zu wissen, ob das Lokal, worin man arbeitet, groß genug ist, um eine gewisse Reduktion des Bildes mit einem Objektiv von einer bestimmten Brennweite vornehmen zu können.

Wenn man nun die kleinste Reduktion wissen möchte, welche man bei einer Brennweite von 40 cm in einem Zimmer, dessen größte Dimension 4 m ist, vornehmen kann, muß man zuerst ein Meter für den Platz dessen, der aufgenommen wird, und für den Operateur, der auf der matten Scheibe einstellt, abziehen.

In der Horizontallinie, welche einer Brennweite von 40 entspricht, durchläuft man die Summe beider Zahlen jedes Faches, bis man das Resultat findet, welches sich am meisten drei Metern nähert, aber weniger beträgt. So kommt man auf die Zahl 2,88, welche uns diejenige Reihe gibt, an deren Spitze sich $\frac{1}{5}$ befindet.

Dies wird die kleinste Verkleinerung sein, welche man in diesem Lokal mit solchem Objektiv erhalten kann.

Eine ähnliche Aufgabe würde diejenige sein, wo man, wenn die Entfernung des Gegenstandes in bezug auf das Bild bekannt ist, wissen möchte, welche Brennweite ein Objektiv haben muß, um eine in dem Porträt gegebene Reduktion zu bekommen.

Gesetzt nun, man habe über einen Raum von vier Metern zu verfügen und wolle eine Reduktion auf $\frac{1}{8}$ vornehmen, indem man ein Objektiv von größtmöglicher Brennweite verwendet; welche Brennweite müßte dies sein? Um sie zu erfahren, ziehe man die Kolumne zu Rate, welche die Überschrift $\frac{1}{8}$ trägt, und indem man die Summe von beiden Zahlen jedes Faches nimmt, bis man ein Resultat findet, welches vier am nächsten kommt, gelangt man bis zum siebenten Fache, welches 4,05 gibt und in horizontaler Reihe einer Brennweite von 40 entspricht. Dies ist die gesuchte Brennweite. Die Lösung verschiedener Aufgaben, welche sich nach obigen Tafeln mit Leichtigkeit bewerkstelligen läßt, wird oft beim ersten Blick Aufschlüsse geben, welche nützlich sein können. So kann man bei einer Landschaftsaufnahme mit einem bekannten Objektiv die wirkliche Größe eines Platzes finden, welcher den Operateur vom aufgenommenen Monumente trennte; ebenso läßt sich die Höhe und jede andere Dimension, die man gern wissen möchte, ausfindig machen.

Ist die Brennweite des Objectives und das Größenverhältnis des Bildes bekannt, so ist es leicht, die Entfernung vom Gegenstand bis zum Einfallspunkt (der Öffnung) des Objectives zu bestimmen.

Bedarf es keiner sehr großen Genauigkeit in den Resultaten, so kann der Einfalls- und der Ausfallspunkt (d. i. die Vorder- und Hinterfläche) des Objectives als zusammenfallend betrachtet werden. Bei einem Doppelobjektiv wird man die Mitte des Zwischenraumes beider Linsen als diesen gemeinschaftlichen Punkt nehmen.

Nach diesen Regeln ist die Secretansche¹⁾ Tafel berechnet, welche die Entfernung des Gegenstandes und seines Bildes zu den betreffenden Einfalls- und Ausfallspunkten angibt, nachdem die Brennweite und das Größenverhältnis des Bildes bekannt sind.

Ganz ähnlich wie bei der Secretanschen Tabelle ist der Gebrauch der Vergrößerungs- und Verkleinerungstabelle nach C. Schwier (siehe nebenstehende Tabelle) und wird am leichtesten durch ein paar Beispiele erläutert.

1) Monekhovens Handbuch der Photographie. 1864.

Entfernungen des aufzunehmenden Gegenstandes und der matten Scheibe vom Mittelpunkt des Objektives bei Vergrößerungen oder Verkleinerungen (Maße in Zentimetern)

Brennweite des angewendeten Objektives	1 fach	2 fach	3 fach	4 fach	5 fach	6 fach	7 fach	8 fach	9 fach	10 fach	11 fach	12 fach	13 fach	14 fach	15 fach	16 fach	17 fach	18 fach	19 fach	20 fach	21 fach	22 fach	23 fach	24 fach	25 fach
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
6	10	7,5	6,7	6,3	6	5,8	5,7	5,6	5,6	5,5	5,4	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
7	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	156
8	12	9	8	7,5	7,2	7	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,2
9	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126	133	140	147	154	161	168	175	182
10	14	10,5	9,3	8,8	8,4	8,2	8	7,9	7,8	7,7	7,6	7,6	7,5	7,5	7,5	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
11	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	192	200	208
12	16	12	10,7	10	9,6	9,3	9,1	9	8,9	8,8	8,8	8,7	8,6	8,6	8,5	8,5	8,5	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,3	8,3	8,3
13	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216	225	234
14	18	13,5	12	11,3	10,8	10,5	10,3	10,1	10,0	10,0	9,9	9,8	9,7	9,6	9,6	9,6	9,5	9,5	9,5	9,5	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4
15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
16	20	15	13,3	12,5	12	11,7	11,4	11,3	11,1	11	10,9	10,8	10,8	10,7	10,7	10,6	10,6	10,6	10,5	10,5	10,5	10,5	10,4	10,4	10,4
17	22	33	44	55	66	77	88	99	110	121	132	143	154	165	176	187	198	209	220	231	242	253	264	275	286
18	22	16,5	14,7	13,8	13,2	12,8	12,6	12,4	12,2	12,1	12	11,9	11,8	11,8	11,7	11,7	11,6	11,6	11,6	11,6	11,5	11,5	11,5	11,5	11,4
19	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	252	264	276	288	300	312
20	24	18	16	15	14,4	14	13,7	13,5	13,3	13,2	13,1	13	12,9	12,9	12,8	12,7	12,7	12,7	12,6	12,6	12,6	12,5	12,5	12,5	12,5
21	26	39	52	65	78	91	104	117	130	143	156	169	182	195	208	221	234	247	260	273	286	299	312	325	338
22	26	19,5	17,3	16,3	15,6	15,1	14,9	14,6	14,4	14,3	14,2	14,1	14	13,9	13,9	13,8	13,8	13,7	13,7	13,7	13,6	13,6	13,6	13,5	13,5
23	28	42	56	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	210	224	238	252	266	280	294	308	322	336	350	364
24	28	21	18,7	17,5	16,8	16,3	16	15,8	15,6	15,4	15,3	15,2	15,1	15	14,9	14,9	14,8	14,8	14,7	14,7	14,7	14,6	14,6	14,6	14,6
25	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	375	390
26	30	22,5	20	18,8	18	17,5	17,1	16,9	16,7	16,5	16,4	16,3	16,2	16,1	16	15,9	15,9	15,8	15,8	15,7	15,7	15,7	15,6	15,6	15,6
27	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240	256	272	288	304	320	336	352	368	384	400	416
28	32	24	21,3	20	19,2	18,7	18,3	18	17,8	17,6	17,5	17,3	17,2	17,1	17,1	17	16,9	16,9	16,8	16,8	16,7	16,7	16,7	16,6	16,6
29	34	51	68	85	102	119	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	357	374	391	408	425	442
30	34	25,5	22,7	21,3	20,4	19,8	19,4	19,1	18,9	18,7	18,5	18,4	18,3	18,2	18,1	18,1	18	17,9	17,9	17,8	17,8	17,8	17,7	17,7	17,7
31	36	54	72	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342	360	378	396	414	432	450	468
32	36	27	24	22,5	21,6	21	20,6	20,3	20	19,8	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2	19,1	19,1	19	18,9	18,9	18,8	18,8	18,8	18,8	18,7
33	38	57	76	95	114	133	152	171	190	209	228	247	266	285	304	323	342	361	380	399	418	437	456	475	494
34	38	28,5	25,3	23,8	22,8	22,2	21,7	21,4	21,1	20,9	20,7	20,6	20,5	20,4	20,3	20,2	20,1	20,1	20	20	19,9	19,8	19,8	19,8	19,8
35	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520
36	40	30	26,6	25	24	23,3	22,9	22,5	22,2	22	21,8	21,7	21,5	21,4	21,3	21,3	21,2	21,2	21,1	21,1	21	20,9	20,8	20,8	20,8
37	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	441	462	483	504	525	546
38	42	31,5	28	26,3	25,2	24,5	24	23,6	23,3	23,1	22,9	22,8	22,6	22,5	22,4	22,3	22,2	22,2	22,1	22,1	22	21,9	21,9	21,8	21,8
39	44	66	88	110	132	154	176	198	220	242	264	286	308	330	352	374	396	418	440	462	484	506	528	550	572
40	44	33	29,3	27,5	26,4	25,7	25,1	24,8	24,4	24,2	24	23,8	23,7	23,6	23,5	23,4	23,2	23,2	23,1	23,1	23	23	23	22,9	22,8
41	46	69	92	115	138	161	184	207	230	253	276	299	322	345	368	391	414	437	460	483	506	529	552	575	598
42	46	34,5	30,7	28,8	27,6	26,7	26,3	25,9	25,6	25,3	25,1	24,9	24,8	24,6	24,5	24,4	24,3	24,3	24,2	24,2	24,1	24	24	24	23,9
43	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480	504	528	552	576	600	624
44	48	36	32	30	28,8	28	27,4	27	26,7	26,4	26,2	26,0	25,8	25,7	25,6	25,5	25,4	25,3	25,3	25,2	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
45	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650
50	50	37,5	33,3	31,3	30	29,2	28,6	28,1	27,8	27,5	27,3	27,1	26,9	26,8	26,7	26,6	26,5	26,4	26,3	26,3	26,2	26,1	26,1	26,1	26,1

1. Bei einer sechsfachen Vergrößerung mit einem Objektiv von 15 cm Brennweite stehen in der Tabelle die Zahlen $\frac{105}{17,5}$, d. h. der Objektivmittelpunkt muß 17,5 cm von dem Original und 105 cm von der matten Scheibe entfernt sein.

2. Bei einer achtfachen Verkleinerung mit einem Objektiv von 19 cm Brennweite findet man die Zahlen $\frac{171}{21,4}$, d. h. der Objektivmittelpunkt muß 171 cm vom Original und 21,4 cm von der matten Scheibe entfernt sein.

3. Um mit einem Objektiv von 20 cm Brennweite eine zwölffache Vergrößerung zu erhalten (in der Tabelle steht hierbei $\frac{260}{21,7}$), muß die Kamera einen Auszug von 260 cm und das Objektiv vom Originale 21,7 cm Entfernung haben.

11. Die Tiefe der Schärfe des Bildes photographischer Objektive.

Unter der Tiefe eines Objectives versteht man die Eigenschaft desselben, verschieden weit vom Objektiv entfernte — in der Richtung eines Hauptstrahles liegende — Objektpunkte auf der photographischen Platte gleichzeitig genügend scharf zu zeichnen. Hierüber wurde schon auf Seite 252 dieses Buches ausführlich gesprochen.¹⁾

Die Tiefenschärfe bei einem Objektiv hängt von der Brennweite, der Blendenöffnung und der Entfernung des scharf eingestellten Hauptobjectes von der Kamera ab. Je kürzer die erstere, je kleiner die zweite und je größer die dritte, desto größer, umgekehrt desto kleiner ist die Tiefenschärfe.

Befinden sich in verschiedener Entfernung von der Linse L (Fig. 251) drei Gegenstände Q, P, R , so entstehen die optischen Bilder in drei verschiedenen Punkten Q', P', R' in verschiedenen Distanzen hinter der Linse.²⁾ Stellt man auf den Punkt P ein, so erscheint dieser

1) Vgl. ferner: Krüss, Pogg. Annal. Physik. 1876. Bd. 157. S. 476 und Eders Jahrbuch f. Photogr. für 1891. S. 64. Dallmeyer, ibid. S. 307, 313 und 365. Miethe, Phot. Mitth. 1888. Bd. 25, S. 2. — A. Soret, Über Einstellung in Tiefe des Bildfeldes (Eders Jahrb. f. Phot. 1897. S. 135), Miethe (Eders Jahrb. f. Phot. 1897. S. 276) und Emil von Hoegh (Jahrb. f. Phot. 1898. S. 254). — W. Scheffer (Jahrb. f. Phot. 1903. S. 333). — M. von Rohr, Die Tiefenschärfe optischer Instrumente (Jahrb. f. Phot. 1906. S. 62).

2) Ein Objektiv liefert dann auf der Visierscheibe scharfe Bilder verschieden weit entfernter Gegenstände, wenn alle letzteren in einer genügenden Entfernung vom Objektiv liegen, daß ihr Bild sich in der Nähe des wirklichen Brennpunktes befindet.

Es nimmt die Tiefe des Brennpunktes in dem Verhältnis ab, je mehr sich die Objekte der Linse nähern, wie dies in der nachstehenden Monckhovenschen Tabelle

auf der Visierscheibe scharf, während die Bilder von Q und R als kleine Scheibchen erscheinen; sind diese Scheibchen (Diffusionskreise) so klein, daß sie wie Punkte erscheinen, so wird das gesamte Bild genügend scharf. Die Distanz QR heißt die gesamte Tiefe der Schärfe; die Distanz PQ ist die vordere, PR die rückwärtige Tiefe der Schärfe. Die Entfernung QR heißt die Tiefe des Fokus. Dieselbe ist durch die Formel $D = \frac{F^2}{n \cdot \omega}$ ausgedrückt, wobei D die Tiefe des Fokus, F die Brennweite des Objektives, $\frac{1}{n}$ die relative Öffnung (Verhältnis von Brennweite zur wirksamen Öffnung) und ω die zulässige Unschärfe des Diffusionskreises ist (z. B. 0,2 mm, s. Seite 252). Es wird also die Tiefe in demselben Verhältnisse wachsen, wie der Blendendurchmesser abnimmt und wird sich verkehrt wie das Quadrat der Brennweiten verhalten.¹⁾

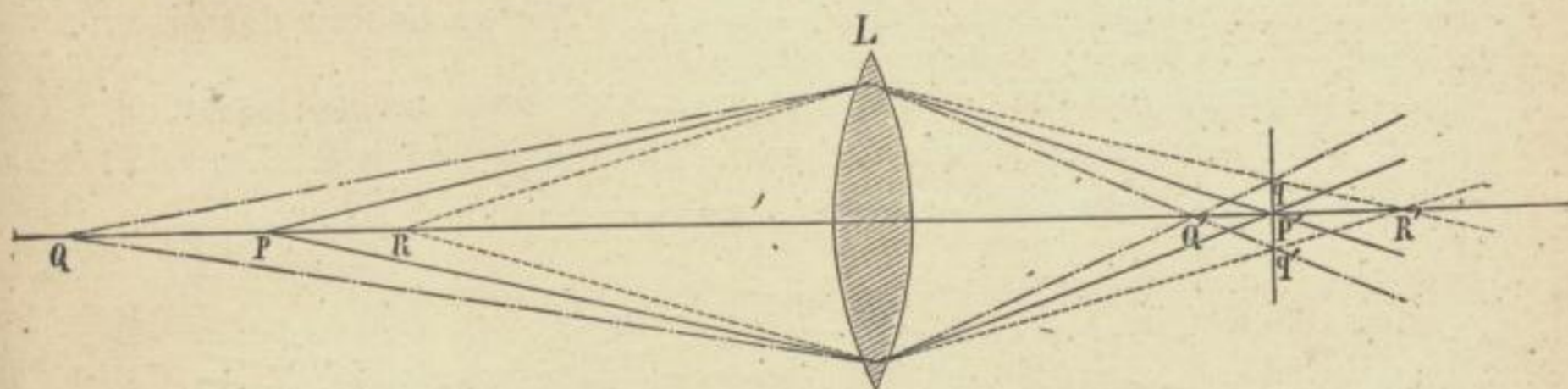


Fig. 251.

Dallmeyer berechnete eine Tabelle für die Tiefe der Schärfe bei verschiedenen Brennweiten (f) und verschiedenen relativen Öffnungen $\frac{1}{n}$, indem er als Grenze der Schärfe einen Diffusionskreis von 0,25 mm annahm.

ersichtlich wird, welche die Vereinigungsweiten einer Linse von 10 cm Brennweite für Objekte, deren Entfernung sich nach und nach vermindert, darstellt.

Entfernung des Objektes	Verlängerung der Vereinigungsweite der Linse	Entfernung des Objektes	Verlängerung der Vereinigungsweite der Linse
10 000 m	0,001 mm	3 m	3,5 mm
1 000 "	0,01 "	2 "	5,3 "
100 "	0,1 "	1 "	11,1 "
50 "	0,2 "	50 cm	25 "
10 "	1,0 "	40 "	33,3 "
5 "	2,04 "	30 "	50 "
4 "	2,6 "	20 "	100 "

1) Baume-Pluvinel (Fabre, *Traité encyclopédique de Photographie*. I. Bd., S. 365. 1889).

Er habe z. B. die Distanz des nächsten Vordergrundes bei einer Landschaft zu ermitteln, welcher noch ein ebenso scharfes Bild wie der

Wirksame Öffnung $\frac{1}{n}$	Belich- tungs- zeit	Brennweite des Objektivs in Zentimetern								
		10	15	20	25	30	38	45	53	60
		Entfernung des nächsten Punktes im Vordergrund								
$\frac{1}{10}$	1	4,20	9,30	16,20	25,20	36,30	56,70	81,60	110,40	144,60
$\frac{1}{15}$	2	2,70	6,30	10,80	16,80	24,30	37,80	54,60	74,10	96,60
$\frac{1}{20}$	4	2,10	4,80	8,10	12,90	18,30	28,50	41,10	55,80	72,60
$\frac{1}{25}$	6	1,80	3,90	6,60	10,20	15,00	22,80	33,00	45,00	58,20
$\frac{1}{30}$	8	1,50	3,30	5,40	8,70	12,30	19,20	27,60	37,20	48,60
$\frac{1}{35}$	12	1,35	2,85	4,80	7,50	10,50	16,50	23,70	31,80	40,50
$\frac{1}{40}$	16	1,20	2,70	4,20	6,60	9,30	14,40	20,70	28,20	36,60

Hintergrund gibt; es sei ein Objektiv von 15 cm Fokus gegeben und das Diaphragma sei 1,5 cm, also $\frac{1}{n} = \frac{1}{10}$. Wir suchen in der ersten Spalte die relative Öffnung $\frac{1}{10}$, gehen in der Zeile rechts bis zu der unter der Brennweite 15 befindlichen Zahl vor und finden 9,30 m, d. h. von da ab bis Unendlich erscheint das Bild genügend scharf.

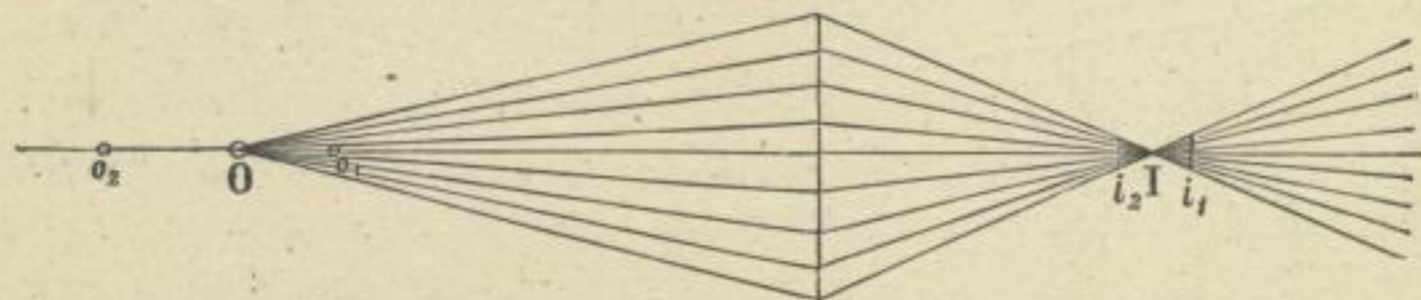


Fig. 252.

Eine ähnliche Tabelle berechnete Pizzighelli, indem er 0,1 mm als Grenze der Schärfe annahm und dadurch etwas andere Zahlen erhält.

Im allgemeinen kann man — in Anbetracht des Umstandes, daß die Tiefe der Schärfe in erster Linie von dem Winkel, in welchem sich die Bildstrahlen schneiden, und daß dieser wieder von dem Verhältnis von Öffnung zur Brennweite abhängt — sagen, daß die Tiefe der Schärfe verschiedener Objektivs bei gleicher Brennweite und gleicher wirksamer Öffnung (beziehungsweise Blende) gleich ist.

Die Tiefe der Schärfe und die Tiefe des Fokus sind für die Bildmitte bei allen Linsensystemen, welche gut korrigiert sind, gleichartig, sobald die Brennweite und das Verhältnis der wirksamen Öffnung zur Brennweite dasselbe ist; sie ist also unabhängig vom Konstruktions-typus. — Sobald man aber eine gleichmäßige Tiefe der Schärfe auch für den Plattenrand (bei großem Bildwinkel) wünscht, so zeigen die Objektivs mit möglichst geringer Bildwölbung und behobenem

Astigmatismus die beste Tiefenzeichnung von der Bildmitte gegen den Rand.¹⁾

Unter Umständen kann eine mangelhaft korrigierte Linse, bei welcher ein gewisser Betrag von positiver sphärischer Aberration nicht behoben ist, eine größere Tiefe der Schärfe aufweisen, als ein vollkommen korrigiertes Objektiv.²⁾

Es kann ein Punkt des Objektes nur einen bestimmten Punkt im Bilde erzeugen, wenn die Linse ganz frei von sphärischer Aberration ist; wenn jedoch der abzubildende Gegenstand ein solcher ist, daß die Umstände, unter welchen derselbe photographiert werden muß, es unmöglich machen, innerhalb der Grenzen der zulässigen Ungenauigkeit zu arbeiten, um eine allgemeine und gleichmäßige Schärfe für das Gesamtbild zu erzielen, so liegen die Vorteile der Einführung der positiven sphärischen Aberration zur Erzielung einer allgemeinen Gleichmäßigkeit der Unbestimmtheit des Bildes³⁾ auf der Hand und werden unter der Hand eines Künstlers höchste Bedeutung gewinnen.

Um dies zu erläutern, verweisen wir auf Fig. 252, in welcher ein Objekt O durch das Bild J wiedergegeben wird, welches durch eine von sphärischer Aberration

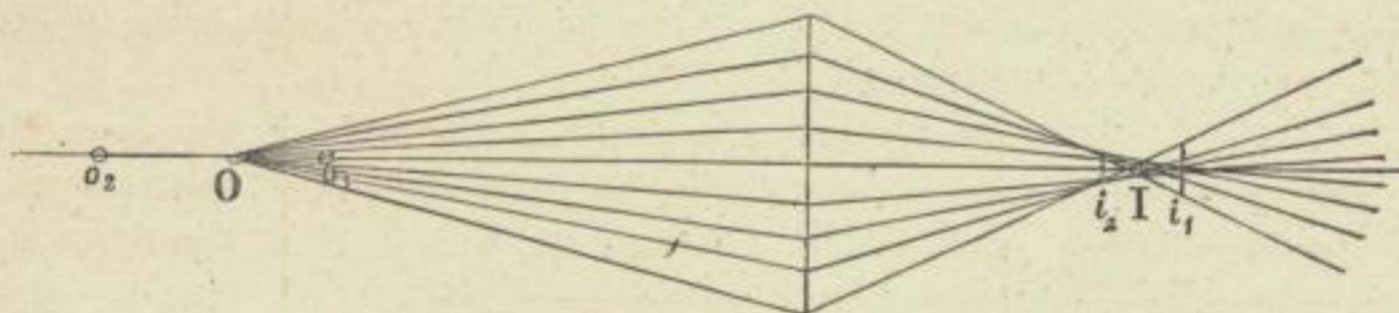


Fig. 253.

ganz freie Linse hervorgerufen ist. Der Punkt O wird durch einen Punkt bei J wiedergegeben sein. Wenn zwei andere Punkte in zwei andere Ebenen O_1, O_2 auf den beiden verschiedenen Seiten von O auch noch in den Fokus gebracht werden sollten, so würden sie im Bilde durch zwei Kreise i_1, i_2 , die beträchtlich außerhalb des Fokus sind, wiedergegeben werden. Andererseits wird, wenn in Fig. 253 O dasselbe Objekt darstellt und J das schärfste Bild desselben, gewonnen durch eine Linse mit einem gewissen Betrage positiver sphärischer Aberration, ist, sich ein kleiner Kreis bei J bilden, zwei ähnlich wie oben auf beiden Seiten von O gelegene Punkte O_1 und O_2 werden ebenfalls zwei kleine Kreise i_1 und i_2 hervorrufen wie bei Fig. 183. Hier vereinigen sich die Strahlen nicht in einem Bildpunkte, sondern in einem lanzenförmigen Lichtbüschel („Fokusdiffusion“), welches auf eine größere Tiefe hin keine vollkommene, aber gleichmäßige Schärfe gibt. Aus dem Vergleich dieser beiden Fälle dürfte deutlich zu ersehen sein, daß hinsichtlich der künstlerischen und malerischen Wirkung, z. B. bei Porträtaufnahmen, der extreme Gegensatz zwischen absoluter Schärfe und Verwirrung des Bildes im ersten Falle und der allgemeinen Weichheit oder Gleichmäßigkeit der Unbestimmtheit im zweiten Falle auf der Hand liegt und daß der zweite Fall der günstigere ist. Dallmeyer benutzte dies zur Konstruktion seiner Porträtlinse (s. Seite 92).

1) Dr. Rudolph, Eders Jahrbuch f. Phot. für 1891. S. 231.

2) Vgl. Dallmeyer, Eders Jahrbuch f. Phot. für 1891. S. 313 u. 365.

3) Das beste Mittel ist die Einschaltung einer gewöhnlichen Spiegelplatte an der Blendenöffnung, welche infolge ihrer Unregelmäßigkeit das ganze Bild etwas unscharf macht.

12. Die Tiefe der Schärfe bei Handkamas mit fixer Einstellung.

Bei allen Apparaten, in welchen vor der Aufnahme eingestellt wird, wird der nötige Grad der Fokustiefe durch Beobachtung beurteilt und durch das Einschieben der Blenden geregelt. Nun existieren aber eine Menge Apparate aus der Klasse der „Handkamas“, welche zur Aufnahme belebter Szenen dienen und bei welchen die Aufnahme ohne vorherige Einstellung vorgenommen wird. Diese Apparate haben gar

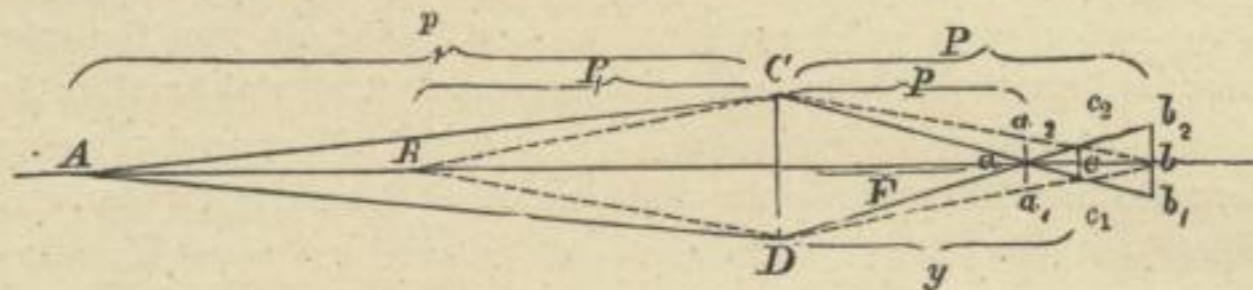


Fig. 254.

keine Visierscheibe und ist das Objektiv in den meisten Fällen ein für allemal auf Unendlich eingestellt, d. h. die Entfernung der empfindlichen Platte vom Objektiv ist konstant und gleich der Brennweite.

Pizzighelli stellte die Bedingungen fest¹⁾, unter welchen bei dieser Kamera mit konstanter Auszugslänge die Fokustiefe der anzuwendenden Objektive genügend ist, damit die maximale Unschärfe die Grenzen von 0,1 mm nicht übersteige.

Es seien (Fig. 254) a und b die mittels des Objektivs CD von der Öffnung d und der Brennweite F erhaltenen Bilder zweier Punkte A und B .

Wollte man dieselben auf einer Platte aufnehmen und würde man hierzu die Visierscheibe in a aufstellen, so erhielte man das Bild a des Punktes A scharf, jenes des Punktes B jedoch würde nicht als scharfer Punkt, sondern als Kreis vom Durchmesser a_1a_2 erscheinen. Analog würde man bei Aufstellung der Visierscheibe in b ein scharfes Bild des Punktes B und ein unscharfes Bild des Punktes A als Kreis vom Durchmesser b_1b_2 erhalten. Sind die Punkte A und B genügend weit oder reduziert man die Öffnung d des Objektivs durch Einschieben von Blenden, so werden die Kreise a_1a_2 und b_1b_2 so verkleinert werden können, daß sie die für das Auge nicht mehr wahrnehmbare, daher noch zulässige Unschärfe von 0,1 mm nicht überschreiten,

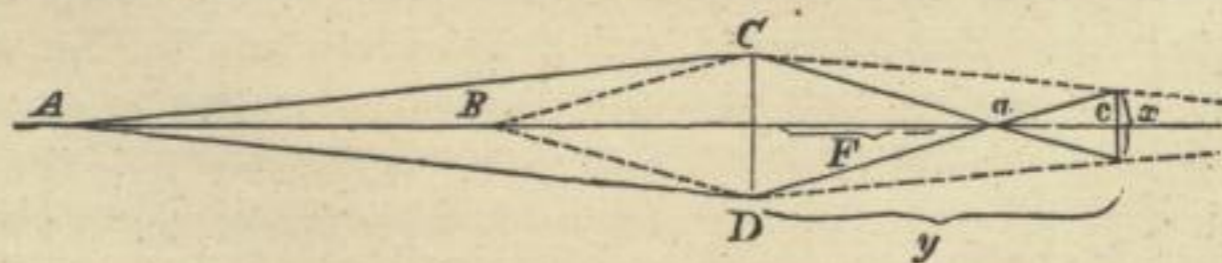


Fig. 255.

so daß daher die Fokustiefe die Strecke ba betragen und man die Visierscheibe je nach dem Punkte, welchen man schärfer erhalten will, entweder in a oder b aufstellen können, ohne daß das Bild des anderen Punktes die zulässige Unschärfe überschreite.

Statt aber die Unschärfe, wie es hier der Fall ist, von 0,1 mm bis 0 mm sukzessive abnehmen zu lassen, kann man sie auch gleichmäßig verteilen, indem man die Visierscheibe in c aufstellt, in welchem die Zerstreuungskreise der Bilder der Punkte

1) Eders Jahrbuch f. Photogr. für 1891. S. 238.

A und B einander gleich sind. Durch eine derartige Verteilung der Schärfe erreicht man den Vorteil, daß man dieselbe auf eine größere aufzunehmende Strecke ausdehnen kann. Fig. 255 zeigt dies, wenn auch nicht im richtigen Verhältnis. Hätte in Fig. 254 z. B. der Kreis $b_1 b_2$ den Durchmesser von 0,1 mm und würde man die gleiche Unschärfe für die Stellung der Visierscheibe in c verlangen ($x = a_1 a_2$), so würde bei Beibehaltung des Punktes A (Fig. 254) der Punkt B , dessen Bild denselben Grad der Schärfe haben soll wie jener des Punktes A , um ein beträchtliches Stück näher rücken können.

Bezeichnet man in Fig. 254 mit p , P und y die Bildweite, mit p_1 , P_1 und y_1 die entsprechenden Gegenstandsweiten, mit F die Brennweite, mit d die wirksame Öffnung des Objektives und mit x die Unschärfe in C , so hat man die bekannten Relationen:

$$1. \quad p_1 = \frac{p F}{p - F},$$

$$2. \quad P_1 = \frac{p F}{p - F},$$

$$3. \quad y_1 = \frac{y F}{y - F},$$

ferner folgt aus den ähnlichen Dreiecken $C D a \sim a c_1 c_2$ und $C D b \sim c_1 c_2 b$

$$4. \quad \begin{aligned} x : (y - p) &= d : p, \\ x : (P - y) &= d : P, \end{aligned}$$

aus welchen folgt:

$$5. \quad p = \frac{y d}{d + x},$$

$$P = \frac{y d}{d - x}.$$

Die Werte von p und P in Gleichungen 1 und 2 substituiert:

$$p_1 = \frac{y d F}{y d - (d + x) F} = \frac{F}{1 - \frac{(d + x) F}{y d}},$$

$$6. \quad P_1 = \frac{y d F}{y d - (d - x) F} = \frac{F}{1 - \frac{(d - x) F}{y d}}$$

und für die zulässige Unschärfe $x = 0,1$ mm

$$7. \quad p_1 = \frac{F}{1 - \frac{(d + 0,1) F}{y d}} \text{ mm},$$

$$P_1 = \frac{F}{1 - \frac{(d - 0,1) F}{y d}} \text{ mm}.$$

Aus diesen Gleichungen läßt sich für irgend ein Objektiv von der bekannten Brennweite F für jede Stellung der Visierscheibe (y) und für jede wirksame Öffnung (d) die Entfernung (p_1 und P_1) jener Punkte (A und B) bestimmen, welche sich auf der Visierscheibe mit der zulässigen Unschärfe (0,1 mm) abbilden.

Speziell für den Fall, als einer der Punkte, z. B. A , in sehr weiter Ferne sich befindet (Fig. 256), also $p_1 = \infty$ wird, nimmt die erstere der Gleichungen 7 die Form an:

$$\infty = \frac{F}{1 - \frac{(d + 0,1) F}{y d}}$$

was nur dann stattfinden kann, wenn der Nenner des Bruches $0 =$ ist. Daher

$$1 - \frac{(d + 0,1)}{d} F = 0,$$

woraus sich:

$$8. \quad y = \frac{(d + 0,1)}{d} F \text{ mm}$$

als Entfernung der Visierscheibe von der Linse ergibt, damit die zulässige Unschärfe sich vom Punkte B im Vordergrund bis zum Punkte A in der Ferne ausdehne.

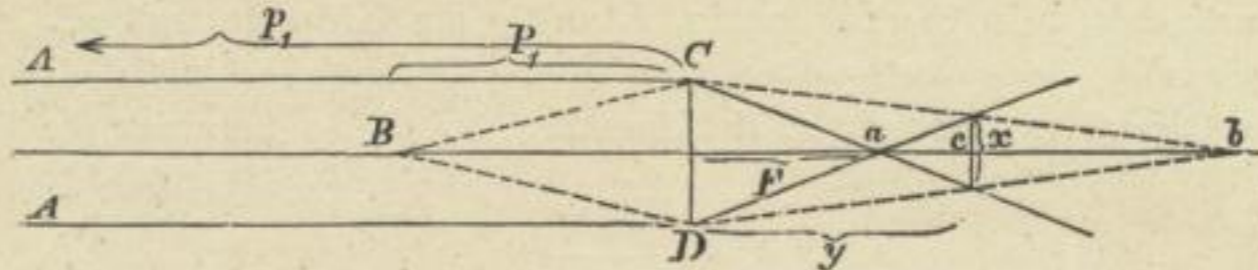


Fig. 256.

Für die Gegenstandsweite (P_1) von B ergibt sich durch Substitution des Wertes 8 in die zweite der Gleichungen 7:

$$9. \quad P_1 = \frac{d + 0,1}{0,2} F \text{ mm},$$

mittels der Gleichungen 8 und 9 lassen sich nun für die verschiedenen wirksamen Öffnungen (d) eines Objektivs die Entfernungen bestimmen, bis zu welchen der Vordergrund (Punkt B) mit der Ferne zusammen noch gleichmäßig und scharf erscheinen, und die entsprechenden Entfernungen der Visierscheibe von der Linse berechnen.

Die nachfolgende Tabelle I enthält die bezüglichen Resultate für 6 Objektivs von 5 bis 30 cm Brennweite bei verschiedenen wirksamen Öffnungen.

Tabelle I

der Tiefe und Schärfe von ∞ an bei einer der jeweiligen wirksamen Öffnung entsprechenden Bildweite und einer zulässigen Unschärfe von 0,1 mm.

Wirksame Öffnung d	Für Objektivs von der Brennweite F in mm						Der wirksamen Öffnung ent- sprechende Bild- weite y in mm
	50	100	150	200	250	300	
	wird die Gegenstandsweite in m des nächsten Punktes des Vordergrundes betragen						
$\frac{F}{5}$	2,5	10,1	22,6	40,0	62,5	90,0	$y = F + 0,5$
$\frac{F}{10}$	1,3	5,1	11,3	20,0	31,3	45,0	$y = F + 1,0$
$\frac{F}{15}$	0,9	3,4	7,6	13,3	20,9	30,0	$y = F + 1,5$
$\frac{F}{20}$	0,7	2,6	5,7	10,0	15,6	22,5	$y = F + 2,0$
$\frac{F}{25}$	0,5	2,1	4,6	8,0	12,5	18,0	$y = F + 2,5$
$\frac{F}{30}$	0,5	1,8	3,8	6,7	10,4	15,0	$y = F + 3,0$

Dieselbe bestätigt die schon erfahrungsgemäß konstatierte Tatsache, daß die Tiefe der Schärfe mit Abnahme der wirksamen Öffnung zunimmt, und daß bei gleicher wirksamer Öffnung die Objektive mit kürzerer Brennweite tiefer arbeiten als jene mit längerer Brennweite. Es ist daher bei gleicher wirksamer Öffnung $d = \frac{F}{10}$ der nebst der Ferne noch genügend scharfe Punkt des Vordergrundes bei einem Objektiv von $F = 50$ mm nur 1,3 m von der Kamera entfernt, während er bei einem Objektiv von $F = 250$ mm 31,3 m, also bedeutend weiter absteht.

Wenn man die Stellung der Visierscheibe nicht der wirksamen Öffnung entsprechend verändert (Gleichung 8), sondern sie ein für allemal im Brennpunkte aufstellt ($y = F$, Fig. 257), so werden die sehr entfernten Punkte scharf erscheinen und

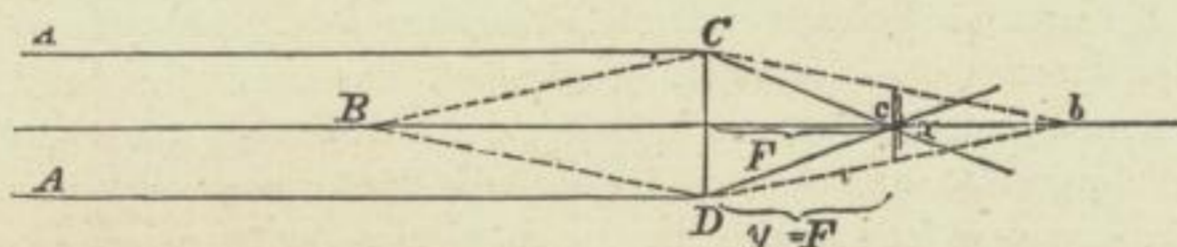


Fig. 257.

die Schärfe gegen den Vordergrund nach und nach abnehmen, d. h. die Unschärfe zunehmen. Soll letztere das zweckmäßige Maß von 0,1 mm nicht überschreiten, so wird sich die Bildweite des noch genügend scharfen nächsten Punktes des Vordergrundes bestimmen lassen, wenn man in der zweiten Gleichung 7 $y = F$ setzt, sie nimmt dann die Form an:

$$P_1 = \frac{d F}{0,1} = 10 d F.$$

Die für verschiedene Objektive von F 50 mm bis 250 mm und für verschiedene wirksame Öffnungen (d) berechneten Werte von P_1 enthält folgende Tabelle II.

Tabelle II

der Tiefe und Schärfe von ∞ an bei einer Bildweite = der Brennweite und einer zulässigen Unschärfe von 0,1 mm.

Wirksame Öffnung $d =$	Für Objektive von der Brennweite F in mm						Der wirksamen Öffnung entsprechende Bildweite y in mm
	50	100	150	200	250	300	
$\frac{F}{5}$	5,0	20,0	45,0	80,0	125,0	180,0	$y = F$
$\frac{F}{10}$	2,5	10,0	22,5	40,0	62,5	90,0	
$\frac{F}{15}$	1,7	6,7	15,0	26,7	41,7	60,0	
$\frac{F}{20}$	1,3	5,0	11,3	20,0	31,3	45,0	
$\frac{F}{25}$	1,0	4,0	9,0	16,0	25,0	36,0	
$\frac{F}{30}$	0,9	3,4	7,5	13,4	20,9	30,0	

Bezüglich der durch die wirksame Öffnung und durch die Brennweite bedingten Tiefe der Schärfe lassen sich dieselben Folgerungen wie bei Tabelle I machen.

Ein Vergleich der korrespondierenden Werte beider Tabellen läßt erkennen, daß bei einer Verrückung der Visierscheibe entsprechend der wirksamen Öffnung (Tabelle I) die Tiefe der Schärfe bedeutend größer wird, als wenn die Visierscheibe und mit ihr die empfindliche Platte ein für allemal im Brennpunkt steht (Tabelle II). So wird z. B. bei einer wirksamen Öffnung von $\frac{F}{10}$ und bei ein und demselben Objektiv von $F = 150$ mm im ersten Falle der genügend scharfe Vordergrund bis auf 11,3 m, im zweiten Falle jedoch nur bis auf 22,5 m an den Apparat rücken.

Die Ergebnisse der im vorigen vorgeführten Untersuchungen, auf Kameras ohne Auszug, wie die meisten Detektiv- oder Handkameras sind, bei welchen keine Einstellung auf der Visierscheibe stattfindet, angewendet, führen zu folgenden Folgerungen:

1. Zur Vermehrung der Tiefe der Schärfe wäre es wünschenswert, das Objektiv um ein geringes Maß verschieben zu können, damit dessen Entfernung von der empfindlichen Platte (letzte Kolumne der Tabelle I) der der jeweiligen Blendenöffnung entsprechen würde.

2. Hat die Kamera eine fixe Bildweite, ist also weder das Objektiv noch empfindliche Platte verschiebbar, und ist, wie es bei vielen Handkameras faktisch stattfindet, das Objektiv nur mit einer einzigen Blende versehen, so wäre, um die möglichste Tiefe der Schärfe zu erreichen, die Entfernung der Platte für diese Blendenöffnung festzustellen.

3. Hat die Kamera eine fixe Bildweite und soll das Objektiv mit mehreren Blendenöffnungen verwendet werden, so muß die Bildweite gleich der Brennweite angenommen werden und gelten für die Tiefe der mit jeder Blende zu erreichenden Schärfe die Werte der Tabelle II.

4. Da nun bei Verwendung von Handkameras zur Aufnahme belebter Szenen die zunächst dem Apparate befindlichen Objekte oft sehr nahe sind, empfiehlt es sich, zur Erlangung einer genügenden Schärfe nur kleine Objektive zu verwenden; man gewinnt hierbei nicht nur an Schärfe der nahen Gegenstände, sondern wegen der geringeren Abblendung und wegen der geringeren Dicke der Linsen auch an Lichtstärke. Zur Wahl kleiner Objektive ist man übrigens durch die Forderung genötigt, die Handkameras möglichst klein und tragbar zu gestalten.

5. In den beiden Tabellen sind die Gegenstandsweiten, welche gleich oder nahezu gleich der 100fachen Brennweite sind, mit fetten Lettern hervorgehoben. Man sieht, wie mit dem Zunehmen der Brennweite die wirksame Öffnung immer kleiner werden muß, um einen Punkt, der auf die 100fache Brennweite entfernt ist, noch genügend scharf zu erhalten. Die allgemein verbreitete Ansicht, daß ein schon auf 100 Brennweiten entfernter Gegenstand auf einer im Brennpunkt stehenden Visierscheibe scharf erscheine, ist daher nur bedingungsweise, d. h. für jede Brennweite nur bei einer bestimmten Blendenöffnung richtig.

Anknüpfend an die Pizzighellischen Formeln gibt Prof. L. Pfaundler Regeln und Tabellen zur Ermittlung der günstigsten Einstelldistanz in einer praktischen Fassung. In Fig. 257 a bedeuten l' den freien Objektivdurchmesser, a und a' den nächstgelegenen und den entferntesten Punkt des Objekts, b und b' die zugehörigen Bildpunkte. $\delta\delta'$ ist dann der Durchmesser des gemeinsamen Zerstreungskreises der von a und a' ausgehenden Strahlen. Jede Annäherung des Objektivs an die in B aufgestellte Platte vergrößert den Zerstreungskreis für a , jede Vergrößerung ihres Abstandes vergrößert den Zerstreungskreis für a' . Die Schärfe ist daher die beste

für die Bildweite oB . Die dieser Bildweite entsprechende Objektivweite oA ist demnach die günstigste Einstelldistanz. Es ist dies jene Distanz, bei deren Einstellung die Unschärfe auf die größte Nähe und die größte Ferne gleich verteilt ist. Für alle dazwischen liegenden Entfernungen ist die Unschärfe geringer, für die Distanz oA selbst am geringsten.

Es sind zwar Fälle möglich, wo es darauf ankommt, sei es den Vordergrund, sei es den Hintergrund oder irgend einen anderen Teil des Bildes auf Kosten der übrigen so scharf als möglich zu erhalten. Von diesen Fällen abgesehen, ist es im allgemeinen gewiß am zweckmäßigsten, auf jene Distanz oA einzustellen, bei welcher die Zerstreuungskreise den geringsten Durchmesser erreichen.

Bezeichnet man die Abstände oa und oa' mit a und a' , ob und ob' mit b und b' , oA und oB mit A und B , den Durchmesser $\delta\delta'$ mit δ , die Öffnung des

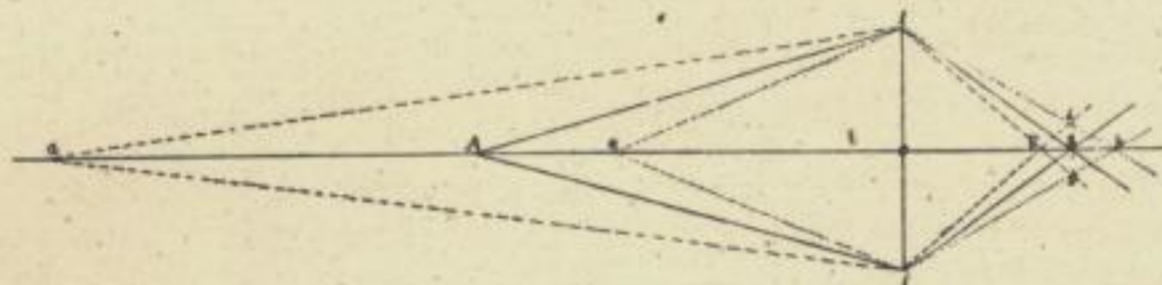


Fig. 257 a.

Objektivs U' mit d , die Brennweite des Objektivs mit f , so ergeben sich nach einer leicht ausführbaren Rechnung die Ausdrücke:

$$\text{günstigste Einstelldistanz } A = \frac{2aa'}{a+a'} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{größte vorkommende Unschärfe } \delta = d \frac{f(a'-a)}{2aa' - f(a+a')} \dots (2).$$

Aus diesen beiden allgemein gültigen Formeln folgen für den häufig eintretenden Spezialfall, daß die weiteste Distanz a' als unendlich groß angesehen werden kann, die beiden einfacheren Spezialformeln:

$$\text{günstigste Einstelldistanz } A = 2a \dots \dots \dots (1a)$$

$$\text{größte vorkommende Unschärfe } \delta = \frac{df}{2a-f} = \frac{df}{A-f} \dots (2a).$$

Aus 1 und 1a ergeben sich für Objektive aller Brennweiten nachfolgende einfache, daher leicht im Gedächtnis zu behaltende Regeln zur Berechnung der günstigsten Einstelldistanz:

I. Regel (gültig, wenn Hintergrund nicht weit entfernt ist): Stelle auf eine Distanz ein, welche gleich ist dem doppelten Produkte des kleinsten und größten Abstandes, dividiert durch deren Summe.

II. Regel (gültig, wenn Hintergrund als unendlich weit anzusehen ist): Stelle auf eine Distanz ein gleich dem Doppelten des nächststehenden Punktes.

Beispiele:

Zu I. Straßenszene. Im Hintergrund eine Hausfront im Abstand von 20 m, im Vordergrund der nächste Mensch im Abstand von 5 m vom Apparat. Günstigste

$$\text{Einstelldistanz } A = 2 \frac{5 \times 20}{5 + 20} = \frac{200}{25} = 8 \text{ m.}^1)$$

1) Viele Amateure würden in diesem Falle auf die mittlere Distanz 12,5 m einstellen. Dann würde aber bei gleicher Öffnung merkliche Unschärfe eintreten. Beseitigt man diese Unschärfe durch kleinere Blende, so verlängert man die Expositionszeit und gibt dadurch wieder Anlaß zur Unschärfe infolge unruhigen Haltens.

Zu II. Landschaft mit fernem Hintergrund, nächster Vordergrund 5 m vom Apparat. Günstigste Einstelltdistanz $A = 2 \times 5 = 10$ m.

Damit ist der erste Teil der Aufgabe gelöst; es ist jetzt noch zu ermitteln, wie weit man abzublenzen hat, damit die größte auf dem Bilde vorkommende Unschärfe die als zulässig anerkannte Grenze von $\delta = 0,1$ mm nicht überschreite. Hierzu hätte man aus den Formeln 2, bzw. 2a das d zu berechnen. Angenommen die Brennweite betrage $f = 120$ mm, so ergäbe sich im obigen Falle I:

$$d = \frac{2 \times 20000 \times 5000 - 120 (20000 + 5000)}{10 \times 120 (20000 - 5000)} = 10,9 \text{ mm};$$

im Falle II:

$$d = \frac{2 \times 5000 - 120}{10 \times 120} = 8,2 \text{ mm}.$$

Hat also das Objektiv bei voller Öffnung einen freien Durchmesser = 15 mm (entsprechend $f/8$), so ist in beiden Fällen abzublenzen. Die Lichtstärken werden dann, bei der vollen Öffnung = 1, gesetzt

$$\text{im Falle 1 } \frac{10,9^2}{15^2} = \frac{119}{225} = \text{rund } \frac{1}{2},$$

$$\text{im Falle 2 } \frac{8,2^2}{15^2} = \frac{67}{225} = \text{rund } \frac{1}{3}.$$

Die Expositionszeit ist demnach bei I zu verdoppeln, bei II zu verdreifachen. Diese Rechnung ist zwar nicht schwierig, kann aber doch nicht im Kopfe erledigt werden. Es muß also eine Tabelle für das Objektiv berechnet werden, und da ist es dann bequem, in dieselbe gleich auch die Ermittlung der Einstelltdistanz aufzunehmen. Eine solche, für die meist gebrauchte Brennweite $f = 120$ mm berechnete Tabelle ist die folgende:

Tabelle für günstigste Einstelltdistanz und größten zulässigen Blendendurchmesser für Objektive von 120 mm Brennweite.

		Abstand des fernsten Punktes a' in Metern										
		∞	30	20	15	10	8	6	5	4		3
Abstand des nächsten Punktes a in Metern	2	4,0 3,2	3,8 3,5	3,6 3,6	3,5 3,7	3,3 4,0	3,2 4,3	3,0 4,8	2,9 5,3	2,7 6,4	2,4 9,5	m mm
	3	6,0 4,9	5,5 5,4	5,2 5,7	5,0 6,1	4,6 6,7	4,4 7,8	4,0 9,7	3,8 12,1	3,4 19,3	m mm	
	4	8,0 6,6	7,1 7,6	6,7 8,2	6,3 8,9	5,7 10,9	5,3 13,1	4,8 19,5	4,4 32,4	m mm		
	5	10,0 8,2	8,6 9,9	8,0 10,9	7,5 12,2	6,7 16,4	6,2 21,8	5,5 49,0	m mm			
	6	12,0 9,9	10,0 12,3	9,2 14,1	8,6 16,3	7,5 27,3	6,9 39,2	m mm				
	8	16,0 13,2	12,6 18,0	11,4 22,1	10,4 28,0	8,9 65,7	m mm					
	10	20,0 16,6	15,0 24,8	13,3 33,0	12,0 48,7	m mm						
	15	30,0 25,1	20,0 55,1	17,1 102,5	m mm							
	20	40,0 33,2	24,0 99,7	m mm								
	30	60,0 50,0	m mm									

Diese Tabelle gibt in leichtverständlicher Weise für eine Reihe von Abständen des nächsten und fernsten Punktes in jedem Quadrate oben die günstigste Einstell-
distanz in Metern und darunter den größten zulässigen Öffnungsdurchmesser in Milli-
metern. Da aber die Blenden meist so eingerichtet sind, daß die volle Öffnung
mit 6, die der halben Lichtstärke mit 12, die mit $\frac{1}{4}$ Lichtstärke mit 24 usw. be-
zeichnet sind, und es bequem ist, die relative Expositionszeit auch gleich aus der
Tafel zu entnehmen, so dürfte die folgende Anordnung die praktisch bequemste sein ¹⁾:

Tabelle für günstigste Einstell-distanz, Blendennummer und relative Expositionszeit
für Objektive von 120 mm Brennweite.

		Größter Abstand in Metern = a'									
		∞	30	20	15	10	8	6	5	4	3
Kleinsten Abstand in Metern = a	2	4,0 192 32	3,8 96 16	3,6 96 16	3,5 96 16	3,3 96 16	3,2 96 16	3,0 96 16	2,9 96 16	2,7 48 8	2,4 24 4
	3	6,0 96 16	5,5 96 16	5,2 48 8	5,0 48 8	4,6 48 8	4,4 24 4	4,0 24 4	3,8 12 2	3,4 6 1	
	4	8,0 48 8	7,1 24 4	6,7 24 4	6,3 24 4	5,7 24 4	5,3 12 2	4,8 6 1	4,4 6 1		
	5	10,0 24 4	8,6 24 4	8,0 24 4	7,5 12 2	6,7 6 1	6,2 6 1	5,5 6 1			
	6	12,0 24 4	10,0 12 2	9,2 12 2	8,6 6 1	7,5 6 1	6,9 6 1				
	8	16,0 12 2	12,6 6 1	11,4 6 1	10,4 6 1	8,9 6 1					
	10	20,0 6 1	15,0 6 1	13,3 6 1	12,0 6 1						
	15	30,0 6 1	20,0 6 1	17,1 6 1							
	20	40,0 6 1	24,0 6 1								
	30	60,0 6 1									

Gebrauchsanweisung:

Suche den größten Abstand des Objekts in der obersten Horizontalreihe, den kleinsten Abstand in der ersten Vertikalreihe, wo diese Reihen sich kreuzen, steht im Quadrate oben die günstigste Einstell-distanz, links unten die Blendennummer, rechts unten die relative Expositionszeit, jene bei voller Öffnung (Blende 6) = 1 gesetzt.

Die Benutzung dieser Tabelle nach der beigegebenen Gebrauchsanweisung setzt nur voraus, daß der Benutzer über die richtige Expositionszeit bei voller Öffnung unter den gegebenen Lichtverhältnissen für sein Objektiv und die angewendete Plattensorte anderweitig unterrichtet sei. Er braucht dann nur diese Zeit mit der relativen Expositionszeit zu multiplizieren.

Man ersieht aus der Tabelle sofort die mit einer stärkeren Linie abgeordnete Region der Fälle, in welchen mit voller Öffnung gearbeitet werden kann. Für Objektive anderer Brennweiten gelten nur die oberen Zahlen (Einstell-distanzen) dieser Tabelle, die unteren Zahlen müssen extra berechnet werden, wozu die Formel 2 zu benutzen ist.

1) Wir teilen trotzdem die Tabelle 1 auch mit, weil aus derselben im Fall einer anderen Abstufung der Blendenöffnungen eine entsprechende Tabelle 2 berechnet werden kann.

Zu theoretischen Zwecken muß eine Kamera auf Unendlich einstellbar sein und die Einstellskala der Handapparate den Endstrich mit dem Zeichen der unendlichen Ferne (∞) enthalten, aber diese Einstellung kann praktisch in den seltensten Fällen benutzt werden. Wenn innerhalb des Bildes irgendwelche Gegenstände näher stehen, so daß sie bei Einstellung auf Unendlich nicht mehr ganz scharf erscheinen, so läßt sich ihre Schärfe verbessern, ohne die Ferne merklich unschärfer zu machen, wenn man auf eine gewisse endliche Entfernung einstellt. Dabei ist die wirksame Öffnung des Objektivs in Betracht zu ziehen, denn mit der Abblendung rückt die Schärfe näher heran. Aus einer von Miethe herstammenden Tabelle geht hervor, daß, statt auf Unendlich, besser eingestellt wird:

für Öffnungen $f:4$	auf 87 Brennweiten
" "	$f:6$	" 58 "
" "	$f:10$	" 35 "
" "	$f:15$	" 23 "
" "	$f:30$	" $11\frac{1}{2}$ "

vom Objektiv, wenn man die größte Allgemeinschärfe wünscht (Eders Jahrb. f. Phot. 1907. S. 254). — Vergl. auch W. Scheffer (Phot. Rundschau 1906. S. 163).

III. Richtige und falsche perspektivische Zeichnung durch Objektive. Stellung des Objektivs an der Kamera.

Bei Aufnahmen von ganzen Figuren usw. sollte man ohne zwingenden Grund sich mit dem Apparate nicht weiter nähern, als höchstens bis die Aufstelldistanz gleich der $1\frac{1}{2}$ fachen Größe der Figur beträgt;

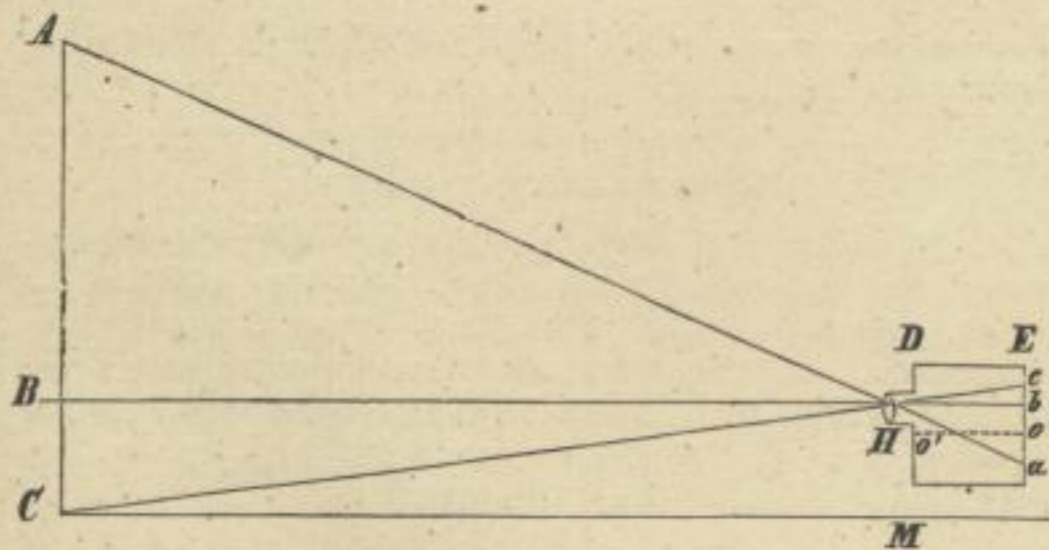


Fig. 258. Aufstellung der Kamera.

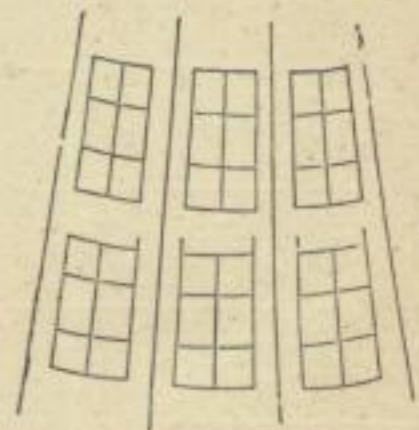


Fig. 259. Verzeichnung durch falsche Stellung der Linse.

dann ist der Gesichtsfeldwinkel ungefähr 60 Grad, wobei eine solche Übertreibung der Perspektive nicht vorkommt.

Nach theoretischen Grundsätzen mußte die Achse des Objektivs, folglich auch jene der Kamera, genau horizontal stehen und die Achse des Objektivs senkrecht auf die Visierscheibe fallen, wie Fig. 259 zeigt, sonst findet eine Verzeichnung statt. Eine geringe Neigung bringt jedoch bei Porträt- und Landschaftsaufnahmen unter gewöhnlichen Umständen keine merkliche Verzeichnung hervor, so lange man nicht die Grenze der Zulässigkeit überschreitet. Wird z. B. bei der Aufnahme

einer stehenden Person das Objektiv stark gegen die Hüfte geneigt, so ist das Bild den Gesetzen der Perspektive zuwider, indem der Hals verkürzt erscheint. Richtig wird das Bild, wenn das Objektiv horizontal in der Höhe der Schultern steht.

Bei den Weitwinkel-linsen besteht ein Hauptpunkt bei der Aufnahme eines Gebäudes oder Monumentes darin, daß die Kamera ganz horizontal steht.

Meistens fällt in solchen Fällen der obere Teil (A) des Bildes eines Monumentes (ABC Fig. 258) außerhalb der Visierscheibe der Kamera. Um diesem Übelstande vorzubeugen, muß man das Objektivbrettchen, in welchem das Objektiv H befestigt ist, in die Höhe schieben, bis das Bild *cba* des Monumentes genau den gewünschten Platz in der Mitte der Einstellscheibe einnimmt.

Würde man beim Einstellen die Kamera schief stellen, indem man das Objektiv nach oben neigt, so würden die vertikalen Linien des Bildes nach oben zusammenlaufen, wie Fig. 259 zeigt.

Wenn eine Straße ABCD, (Fig. 260), durch eine nach aufwärts gerichtete Linse (wie Fig. 260 zeigt) aufgenommen würde, würden die Häuser der Straße gegen die Mitte zu geneigt erscheinen, als wollten sie zusammenstürzen.¹⁾ Diesen Fehler kann man häufig bei Aufnahmen mittels Handkameras, welche schräg gehalten werden, wahrnehmen.

1) Diese Konvergenz der Linien einer Matrize kann man beheben, wenn man nach der Matrize ein Diapositiv mittels der Kamera macht und hierbei die Kamera in

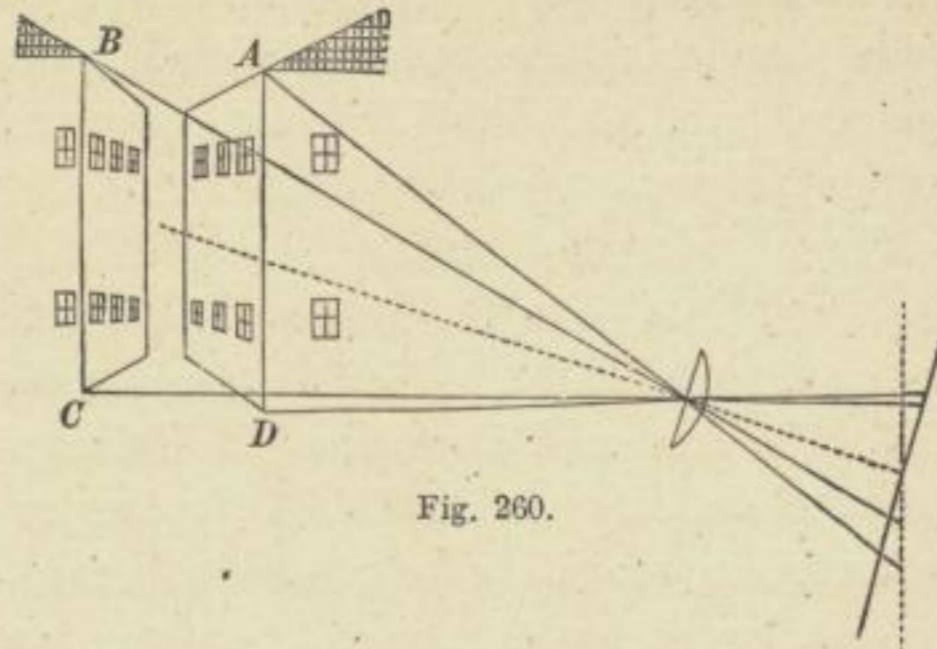


Fig. 260.

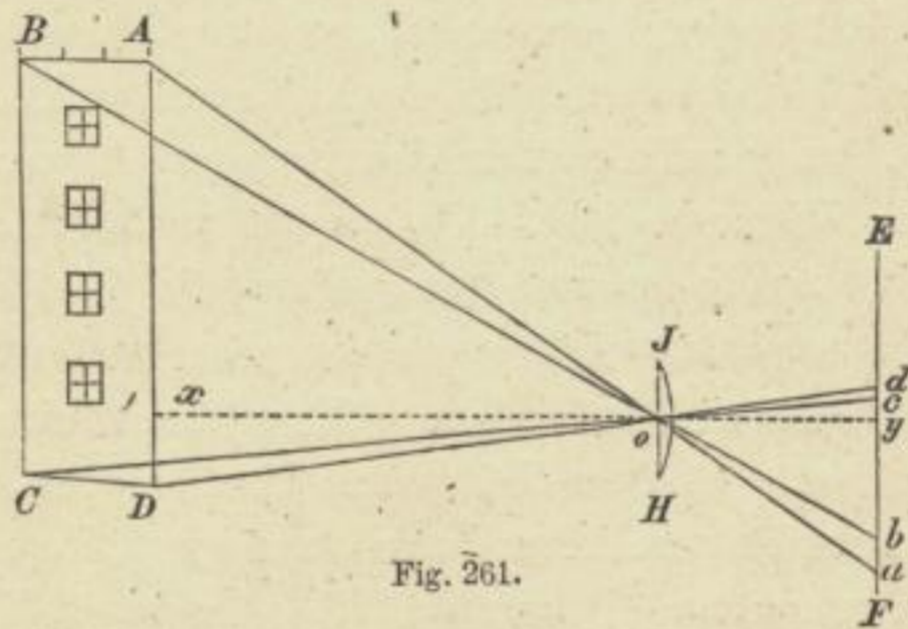


Fig. 261.

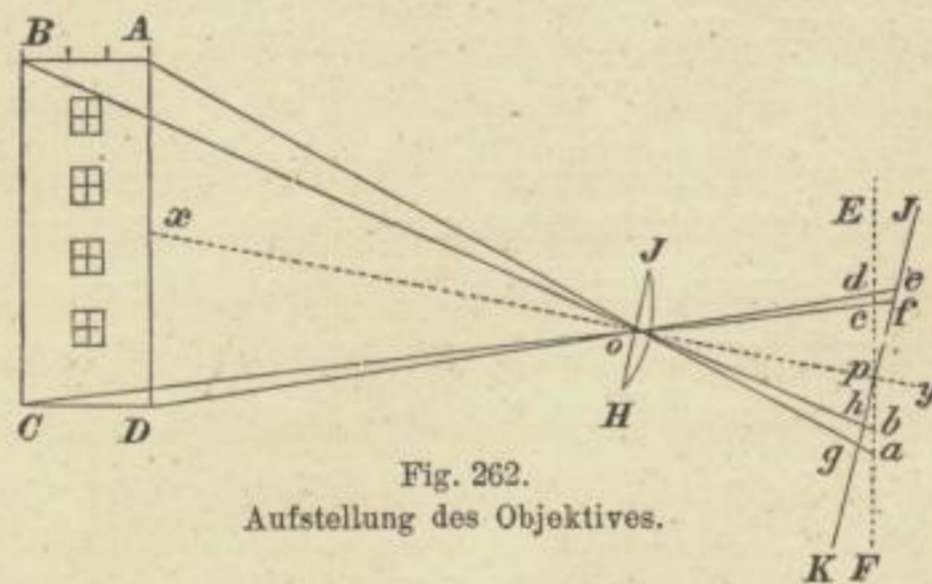


Fig. 262.
Aufstellung des Objektivs.

Durch Schrägstellen der Visierscheibe kann man die Linien von Gebäuden oder Türmen, die im Bilde ein Zusammengehen der Linien nach oben zeigen, parallel erhalten. Es sei $ABCD$ (Fig. 261) ein vier-eckiger Turm, JH die Linse mit horizontaler Achse und EF die parallel mit dem Turm stehende Visierscheibe. Die Entfernung Aa und Bb ist größer als die Entfernung Cc und Dd . Es ist ein bekanntes Gesetz der Optik, daß die Größe des Bildes mit der wachsenden Entfernung abnimmt; das heißt, je entfernter der Gegenstand, um so kleiner das Bild. In diesem Beispiel ist die Turmspitze AB weiter vom Objektiv entfernt als die Punkte CD ; aus diesem Grunde gehen die parallelen Seitenlinien im Bilde nur wenig, etwa so, wie es den Gesetzen der Perspektive entspricht, nach oben zusammen; wenn die Kamera höher steht als der Gegenstand, gehen sie nach unten zusammen.

Stellt man auf den Mittelpunkt X des Turmes $ABCD$ (Fig. 262) ein und richtet man den ganzen Apparat (sowohl die Linse JH als die Visierscheibe JK) schräg nach aufwärts, um die Turmspitze ins Bild zu bekommen, so gehen die Linien viel stärker nach oben zusammen als bei der horizontalen Stellung; denn das obere Stück gh erscheint auf der Ebene JK projiziert kürzer als auf EF ; dagegen wird das dem unteren Teile des Turmes entsprechende Stück ef größer als de erscheinen. Der Turm erscheint also zufolge der Neigung der Linse als vierseitige Pyramide. Wird aber die Linse in der Stellung Fig. 262 belassen und nur die Visierscheibe in der Lage EF vertikal gestellt, so erhält man ein scharfes Bild, welches sehr wenig verzeichnet ist. Im allgemeinen dient als Regel, daß man die korrektesten Bilder erhält, wenn der aufzunehmende Gegenstand, Objektivbrett und Visierscheibe parallel gerichtet sind. Ist dies nicht möglich, so richte man die Kamera derartig schräg, daß wenigstens die Visierscheibe parallel mit dem Gegenstande (Gebäude usw.) gerichtet ist, während das Objektivbrett nach auf- oder abwärts geneigt sein kann.

IV. Die Wahl der Objektive.

A. Für Porträtaufnahmen.

Der Photograph, welcher die Porträtphotographie als Hauptgegenstand des Geschäftes betreibt, bedarf mehrerer Objektive. Insbesondere eines für Visitenkarten, Kabinettbilder und größere Formate, z. B. Bilder von 30×40 cm.

entgegengesetzter Richtung neigt (respektive das Negativ schräg stellt). Nach dem Diapositiv macht man ein Negativ oder verteilt in schwierigen Fällen die Korrektur der Konvergenz der Linien auf die Erzeugung des Diapositives und Negatives.

Verhältnismäßig die weiteste Aufstelldistanz von den gangbaren Formaten verlangt ein Visitstandbild; bei einem Visitbrustbild braucht man nur mehr die Hälfte und beim Kabinettbrustbild $\frac{1}{4}$ von jener Distanz. Die Inhaber sehr kurzer Ateliers werden deshalb bei der Wahl der Objektive zunächst zu untersuchen haben, welches Objektiv noch Visitstandbilder in der gegebenen minimalen Entfernung liefert. Größere Formate lassen sich dann leicht herstellen, da sie kurze Aufstelldistanz verlangen.

Die entsprechenden Entfernungen zwischen Personen und photographischem Apparate können an der Hand der Brennweiten der Objektive und der Tabelle auf Seite 270 und 271 dieses Handbuches leicht ermittelt werden.

Bei Porträten wird gewöhnlich die Aufstelldistanz zwischen 3,7 bis 7 m schwanken. Bei kürzerer Distanz zeigen die Bilder übertriebene Perspektive und ungleiche Verteilung der Schärfe; bei zu großer Distanz mangelt dem Bilde Plastik und Relief.

Da bei Porträtaufnahmen das Tiefenverhältnis eine geringe Rolle spielt, kurze Expositionszeit aber von größter Wichtigkeit ist, wird man als Porträtobjektive nur Objektive verwenden, welche mindestens eine Helligkeit von $\frac{f}{5}$ haben.

Im nachfolgenden geben wir ein Beispiel über die Berechnung von Tabellen für die notwendigen Entfernungen zwischen Aufnahmeobjekt (Modell) und Visierscheibe der Kamera für die wichtigsten Porträtaufnahmen im Visit- und Kabinettformat mittels Objektive verschiedener Brennweite.

Die Größe eines Mannes ist = 175 cm, die Größe seines Bildes im Visitstandbild = 6,8, im Visitbrustbild = 4,8, im Kabinettstandbild = 9,2, im Kabinettbrustbild = 10,5 cm angenommen.

Brennweite cm	Kabinettbrustbild	Visitbrustbild	Kabinettstandbild	Visitstandbild	Vergrößerung
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{19}$	$\frac{1}{25}$	
18	—	2,28	—	—	} Entfernung zwischen Person und matter Scheibe in Meter
21	—	2,74	—	5,65	
24	—	3,20	—	6,62	
30	2,20	4,00	6,44	8,27	
36	2,84	5,17	8,31	10,68	
40					
50					
	—	2,64	—	5,46	} Entfernung zwischen Person und matter Scheibe in Meter
	—	3,44	—	7,11	
	2,18	4,04	6,50	8,35	
	2,72	4,95	7,96	10,22	
	3,38	6,15	9,90	12,71	

Brennweite cm	Kabinett- brustbild $\frac{1}{5}$	Visit- brustbild $\frac{1}{11}$	Kabinett- standbild $\frac{1}{19}$	Visit- standbild $\frac{1}{25}$	Vergrößerung
—	—	2,13	—	4,41	
—	—	2,59	—	5,35	
—	—	2,84	—	5,87	
2,06	3,74	6,02	7,73		
2,48	4,50	7,24	9,30		
2,97	5,39	8,67	11,14		
3,70	6,73	10,82	13,90		
4,84	8,80	14,15	18,17		

B. Für Gruppenaufnahmen.

Bei diesen wird von einem Objektiv große Tiefe verlangt. Man darf infolgedessen nicht zu helle Objektive verwenden. Doch sollen wegen der immer noch notwendigen kurzen Expositionszeit die Objektive auch nicht zu lichtschwach sein. Man wird deshalb Objektive von $\frac{f}{6}$ bis $\frac{f}{8}$ wählen. Selbstverständlich kann man auch hellere Objektive bei genügender Abblendung gebrauchen, wenn sie dabei die notwendige Platte auszeichnen.

C. Für Reproduktionen.

Bei Herstellung von Reproduktionen von Strichzeichnungen wird von den Objektiven die höchste Schärfe verlangt. Man verwendet deshalb in der Regel keine größeren Helligkeiten als ungefähr $\frac{f}{8}$ bis $\frac{f}{10}$; für gewisse Zwecke, z. B. der Dreifarbenphotographie, der Autochromie usw. wendet man auch lichtstärkere Anastigmaten an. Die Wahl der Brennweite richtet sich nach der Größe der zu reproduzierenden Objekte, dem verfügbaren Raum, dem Kameraauszug usw. Für den Dreifarbendruck müssen die Objektive apochromatisch korrigiert sein.

D. Für Architekturaufnahmen.

Bei diesen Aufnahmen wird meistens eine große Tiefe verlangt. Infolgedessen wird man keine lichtstarken Objektive wählen dürfen; da es sich ja auch nicht um die Aufnahme belebter Gegenstände handelt. Bei Aufnahmen von schwer zugänglichen Architekturteilen leistet das Teleobjektiv gute Dienste.

E. Für Aufnahmen von Innenräumen.

Ähnlich wie bei Architekturaufnahmen ist bei Aufnahmen von Innenräumen oder von leblosen Gegenständen in gedeckten Räumen große Tiefe des Objektivs bei oft sehr großem Bildwinkel zu fordern

Die Objektive brauchen nicht lichtstark zu sein, da man beliebig lange exponieren kann. Solche Aufnahmen sind also noch mit Objektiven von $\frac{f}{12}$ bis $\frac{f}{20}$ möglich.

F. Für Landschaftsaufnahmen.

Für diese wird eine größere Helligkeit als $\frac{f}{10}$ nur in seltenen Fällen verlangt werden. Dagegen sind die Anforderungen an Tiefe oft ziemlich groß. Man wird infolgedessen bei genügender Abblendung fast jedes Objektiv verwenden können. Zu vermeiden sind jedoch solche Objektive, die wegen zu vieler einzelstehender Linsen viel falsches Licht auf die Platte senden.

G. Für Momentaufnahmen im Freien.

Bei Momentaufnahmen im Freien können die Verhältnisse je nach Jahreszeit, Tageszeit und Witterung sehr verschieden sein, wie auch eine größere Empfindlichkeit der Platte dem Objektiv sehr zu Hilfe kommen kann. Im allgemeinen wird man sagen können, daß Objektive, die zu Momentaufnahmen im Freien verwendet werden sollen, keine geringere Lichtstärke als $\frac{f}{8}$ besitzen sollen. Hellere Objektive als $\frac{f}{6}$ zu verwenden, bringt neben dem großen Vorteil der bedeutenden Lichtstärke den Nachteil der geringen Tiefe mit sich. Um jedoch im Schatten, bei schlechtem Lichte und zu jeder Jahreszeit Momentbilder machen zu können, wendet man in neuerer Zeit häufig moderne anastigmatische Objektive von der Öffnung 1:4,5 an; allerdings lassen sich die Vorteile solcher lichtstarker Objektive nur bei kleinen Brennweiten (z. B. 11 cm) ausnützen.¹⁾ — Die Photographie sehr schnell bewegter Gegenstände stellt die größten Anforderungen an die Geschwindigkeit des Verschlusses und es sind Erfolge oder Mißerfolge meistens auf diesen zurückzuführen.

Von größter Wichtigkeit ist bei diesen Aufnahmen die Entfernung, in welcher die betreffenden sich rasch bewegenden Objekte von der Kamera sich befinden. Eine allzu nahe Aufstellung der Kamera führt meistens zu schlechten Resultaten, da der Weg, den der rasch bewegte Gegenstand während der Expositionszeit auf der Platte zurücklegt, bemerkbar ist.

Bei der Wahl eines Objectives für einen gewissen Zweck muß man sich an die Angabe der Kataloge der verschiedenen Firmen halten, die man mit Hilfe der hier gegebenen allgemeinen Gesichtspunkte auf ihre Richtigkeit prüfen kann.

1) Vergl. Rudolph (Jahrb. f. Phot. 1903. S. 331) und Baltin (ebenda S. 332).

SECHZEHNTE KAPITEL.

BERECHNUNG DER EXPOSITIONSZEIT AUS DER BESCHAFFENHEIT DES OBJEKTIVES UND DES GEGENSTANDES.

I. Belichtungszeit für Gegenstände in Ruhe.

Für die Expositionszeit t einer photographischen Platte gilt annäherungsweise die Formel

$$t = \text{Konstante} \cdot \left(\frac{\text{Brennweite}}{\text{Blendendurchmesser}} \right)^2,$$

in welcher die Brennweite und die wirksame Öffnung der Blende des verwendeten Objektivs in Rechnung zu ziehen ist und die Konstante gewisse Werte, je nach der Empfindlichkeit der Platte, der Helligkeit des jeweiligen Lichtes, der Farbe des Gegenstandes usw. annimmt.

Die Dauer der Expositionszeit in der Photographie, d. h. die Zeit, während welcher das Licht auf die empfindliche Oberfläche wirken muß, ist nämlich zahlreichen Schwankungen unterworfen, welche durch verschiedene Ursachen bedingt sind.

Man kann diese Ursachen in drei Hauptklassen einteilen, nämlich in optische, chemische und physische, von welchen wir hier nur die optischen und physischen berücksichtigen wollen.

A. Einfluß des photographischen Objektivs.

1. Die Aufnahmezeit ist proportional dem Quadrat der Brennweite des Objektivs (s. S. 208). Daraus folgt, daß ein Objektiv, dessen Brennweite zwei-, drei- oder viermal größer ist als die eines anderen von gleicher Öffnung, eine vier-, neun-, sechszehnmal längere Exposition erfordert.

2. Die Expositionszeit ist verkehrt proportional dem Quadrat des Durchmessers der Öffnung des Objektivs. Dieses Gesetz regelt die Variationen der Expositionszeit bei der Anwendung verschiedener Blenden, d. h. wenn eine Linse mit einem Zentimeter Durchmesser in 8 Minuten ein Bild gibt, so braucht man nur $\frac{1}{4}$ der Zeit (also 2 Minuten), wenn die Blende den doppelten Durchmesser, und den neunten Teil, wenn die Blenden den dreifachen Durchmesser hat.

Durch Brennweite und Öffnung wird also, wie früher schon gezeigt, die Lichtstärke eines Objektivs und dadurch dessen Expositionszeit bestimmt. Die Lichtstärke eines Objektivs wäre nur dann von Öffnung und Brennweite ganz allein abhängig, wenn das Objektiv nur aus einer Öffnung bestehen würde. In Wirklichkeit wird diese theoretische Helligkeit stark beeinflußt von der Beschaffenheit des Objektivs, welches durch Absorption in den Glasmassen, Reflexion an den Flächen auch bei tadelloser Ausführung Lichtverluste herbeiführen muß. Daß natürlich bei mangelhafter Ausführung (Verwendung von nicht farblosen Gläsern, gefärbtem Kitte oder bei schlecht polierten Flächen) die Lichtverluste so groß werden können, daß die wirkliche Helligkeit des Objektivs weit hinter der theoretischen zurückbleibt, ist klar. Man wird aus diesen Gründen bei Vergleichung von Objektiven mit gleichem Öffnungsverhältnis nicht immer gleiche Resultate erhalten, wenn die Objektive nach verschiedenen Konstruktionen hergestellt sind oder von verschiedenen Optikern stammen.

B. Einfluß der Größe des aufzunehmenden Gegenstandes.

Die Aufnahmezeit wechselt mit der Beleuchtung und Größe des aufzunehmenden Gegenstandes.

Eine große, gut beleuchtete Landschaft läßt sich viel rascher aufnehmen, als ein von zerstreutem Licht erhellter Gegenstand, den man in natürlicher Größe wiedergeben will. Noch länger muß exponiert werden, wenn der Gegenstand vergrößert photographiert werden soll, weil das vom Gegenstande reflektierte Licht in der Kamera nicht konzentriert, sondern auf eine größere Fläche verteilt wird.

Ein sehr weit entferntes Objekt gibt ein Bild auf der matten Scheibe, welches mit dem wahren Brennpunkte zusammenfällt. In diesem Falle ist die Expositionszeit die kürzeste. Wird ein weit entferntes Panorama aufgenommen, so braucht man nur die Hälfte der Zeit zu exponieren, als für eine Landschaft mit Vordergrund. Wenn man aber ein Objekt in natürlicher Größe aufnimmt, so ist das Bild auf der matten Scheibe vom Objektiv doppelt so weit entfernt als der wahre Brennpunkt. Im

letzteren Falle wird man unter sonst gleichen Umständen bedeutend länger exponieren müssen, als bei weiter Distanz des Objektes.

C. Einfluß der Farbe und Beleuchtung des aufzunehmenden Gegenstandes.

Die Farbe und Beleuchtung des aufzunehmenden Gegenstandes übt begreiflicherweise einen enormen Einfluß auf die Dauer der Exposition aus und hängt nicht nur von der Empfindlichkeit der Platte gegen weißes Licht, sondern auch von der Farbenempfindlichkeit derselben ab. Dies gilt z. B. für Reproduktion von Zeichnungen auf weißem oder schwach gelblichem Papier usw. usw. und hier entscheidet nur der praktische Versuch (vgl. I. Band, 1. Hälfte, S. 280).

Für die Aufnahme von Landschaften, Ansichten usw. hat man aber Tabellen angegeben, welche nicht zu unterschätzende Anhaltspunkte bieten.

Am vollständigsten ist Burtons Tabelle, welche die Expositionszeiten für Gelatine-Emulsionsplatten von mäßiger Empfindlichkeit und verschiedene Blenden des Objektivs gibt. In der ersten Kolumne ist das Verhältnis des jeweiligen Blendendurchmessers zur Brennweite gegeben, z. B. $\frac{f}{4}$ heißt, der Blendendurchmesser ist gleich dem vierten Teil der

Brennweite. Unter „See und Himmel“ ist ein offenes Seestück mit nur vereinzelt Gegenständen, wie Schiffe, verstanden, die dann fast nur als dunkle Silhouetten erscheinen. — Bei „offenen Landschaften“ ist freier Vordergrund, Häuser etwa im Mittelgrunde und Bäume nur im Hintergrunde gedacht.¹⁾ Sobald man rapide Trockenplatten verwendet, kann man ungefähr die Hälfte oder $\frac{1}{4}$ der in Burtons oder Dorvals Tabelle angegebenen Zeit nehmen.

Namentlich bei Landschaften sind die Unterschiede in der Expositionszeit sehr bedeutend. Dunkle enge Schluchten, versteckte Wasserfälle, dicht belaubte Waldpartien, wohin das Tageslicht nur spärlich durch die Lücken dringt, müssen sehr lange exponiert werden. Den schroffsten Gegensatz zu diesen Aufnahmen in bezug auf Expositionszeit bilden grell beleuchtete Felspartien aus hellem Stein, Schneelandschaften, welche man trotz kleiner Blendung manchmal fast momentan aufnehmen kann. Die übrigen Landschaften erfordern eine, je nach der Beleuchtung, je nach der Entfernung des Hauptobjektes vom Apparat, je nach der Klarheit der Luft und der Natur des Baumschlages verschiedene Exposition, welche übrigens bei gleichbleibendem Lichte nicht gerade übermäßig variiert.

1) Brit. Journ. of Phot. 1882. S. 529. Phot. Wochenbl. 1882. S. 317.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Blendendurchmesser in Teilen der Brennweiten	See u. Himmel	Offene Landschaft	Landschaft mit dichtem Baum- schlag im Vordergrunde	Unter Bäumen bis zu	Helle Interieurs von	Dunkle Interieurs bis	Porträte in hellem diffusem Lichte im Freien	Porträte bei gutem Atelier- licht	Porträte im Zimmer
$\frac{f}{4}$	Sek. $\frac{1}{160}$	Sek. $\frac{1}{50}$	Sek. $\frac{1}{8}$	Min. Sek. — 10	Min. Sek. — 10	St. Min. — 2	Sek. $\frac{1}{6}$	Min. Sek. — 1	Min. Sek. — 4
$\frac{f}{5,657}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{4}$	— 20	— 20	— 4	$\frac{1}{3}$	— 2	— 8
$\frac{f}{8}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{2}$	— 40	— 40	— 8	$\frac{2}{3}$	— 4	— 16
$\frac{f}{11,314}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{6}$	1	1 20	1 20	— 16	$1\frac{1}{3}$	— 8	— 32
$\frac{f}{16}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{3}$	2	2 40	2 40	— 32	$2\frac{2}{3}$	— 16	1 4
$\frac{f}{22,627}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{3}$	4	5 20	5 20	1 4	$5\frac{1}{3}$	— 32	2 8
$\frac{f}{32}$	$\frac{2}{5}$	$1\frac{1}{3}$	8	10 40	10 40	2 8	$10\frac{1}{2}$	1 4	4 15
$\frac{f}{45,255}$	$\frac{4}{5}$	$2\frac{2}{3}$	16	21 —	21 —	4 15	21	2 8	8 30
$\frac{f}{64}$	$1\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	32	42 —	42 —	8 30	42	4 16	17 —

Folgende von Dorval zusammengestellte Tabelle¹⁾ für die Expositionszeiten kann hier angeführt werden:

Bezeichnung des Gegenstandes	Sonne		Zerstreutes Licht		Trübes Wetter
	Tagüber	Morgen Abend	Tagüber	Morgen Abend	
Panoramische Ansicht	1	2	2	4	6
Wie vor, jedoch mit großen Laubmassen .	2	4	4	8	12
Aussicht mit Vordergrund und hellen Gebäuden	2	4	4	8	12
Ansicht mit Vordergrund und dunklen Gebäuden	3	6	6	12	18
Waldpartien, schlecht beschattete Flußufer	10	20	25	40	60
Lebende Objekte, Porträte und Gruppen im Freien	4	8	12	24	40
Wie vor, jedoch nahe einem Fenster oder unter einem Dach	8	16	24	48	80
Reproduktion in gleicher Größe und Vergrößerungen v. Photographien, Stichen usw.	6	12	12	24	50

Anmerkung. Tagüber rechnet man im Sommer von 9 bis 4 Uhr, im Winter von 11 bis 2 Uhr. Es ist anzuraten, im Sommer nicht nach 6 Uhr, im Winter nicht nach 4 Uhr zu arbeiten, wegen der nötig werdenden langen Expositionszeit.

1) Clément, Méthode pratique pour déterminer le temps de pose. 1880. S. 41.

Der Einfluß der Tages- und Jahreszeit auf die Belichtungszeit wurde bereits oben (Bd. I, erste Hälfte, S. 320) angegeben¹⁾, ebenso die Konstruktion von Expositionsmessern, welche zur photometrischen Ermittlung der Belichtungszeit dienen (s. Bd. I, erste Hälfte, S. 437).

Die vorhin genannten Punkte genügen zur hinlänglich genauen Schätzung der Belichtungszeit. Jedoch sind in Wirklichkeit weitaus mehr Faktoren in die Rechnung zu ziehen, wenn man die Expositionszeit für die verschiedenen denkbaren Fälle theoretisch ermitteln will. Die eingehendsten Untersuchungen auf diesem Gebiete rühren von De la Baume-Pluvinel her („Le temps de Pose.“ Paris, 1890; im Auszuge „Eder's Jahrbuch f. Photographie für 1891.“ S. 407; Dr. Lima, Talbots Neuheiten). Allerdings haben die aus Pluvinels Theorie und Tabellen sich ergebenden Belichtungszeiten einen beschränkten theoretischen Wert, weil die genaue Messung der zahlreich auftretenden Konstanten praktisch unmöglich ist.

Die Gleichung zur Berechnung der Expositionszeit ist aus folgenden Faktoren gebildet:

$$T = \frac{1}{E} \cdot \frac{1}{J} \cdot \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{S} \cdot \frac{D^2}{(D-F)^2}$$

Diese Faktoren sind aus Tabellen zu entnehmen und beziehen sich in obiger Aufeinanderfolge

auf die Natur des Objektes	$\frac{1}{E}$
auf die Lichtquelle	$\frac{1}{J}$
auf die Helligkeit des Objektivs	$\frac{1}{C}$
auf die Empfindlichkeit der Trockenplatte	$\frac{1}{S}$
und auf die Gegenstandsweite	$\frac{D^2}{(D-F)^2}$

Es wäre z. B. ein photographisches Bild bei 20 cm Gegenstandsweite am 20. September um 3 Uhr bei zerstreutem Tageslicht mittels eines Objektivs von 15 cm Brennweite, bei dem Verhältnis der Öffnung zur Brennweite 1:32, zu vergrößern. Die zu verwendende Trockenplatte hat eine Empfindlichkeit von 23 Grad W.

Aus den Tabellen ergeben sich für gegebenes Beispiel folgende Zahlen:

$$T = 0,02 \cdot 4 \cdot 1,4 \cdot 102,4 \cdot 1,8 \cdot 16 = 5 \text{ m } 30 \text{ s.}$$

Bevor aber die allgemeine Endformel für die Expositionszeit aufgestellt wird, sollen die einzelnen darin auftretenden Faktoren erklärt oder ihre mathematischen Ausdrücke angegeben werden.

1) A. Lainer rechnete aus den Holetschekschen Tabellen, sowie jenen von Baume-Pluvinel, Eder und anderen die reziproken Werte in Tabellenform (Phot. Corresp. 1890. S. 215, 307 und 416).

Ein wichtiger Faktor ist die Größe $\frac{1}{E}$,

welche $= \frac{\log A_1 \cos^4 \alpha_1 - \log A_2 \cos^4 \alpha_2}{A_1 \cos^4 \alpha_1 - A_2 \cos^4 \alpha_2} \cdot \frac{40 \cdot \mu}{\pi \cdot \nu \cdot (1 - e^{-\mu \cdot \varepsilon})}$ ist. Darin bedeuten:

ε die Dicke der Bromsilbergelatineschicht,

μ ihr Absorptionskoeffizient,

ν den Absorptionskoeffizient der von reduziertem Silber gesättigten Schicht,

α_1 und α_2 die Winkel, welche die sekundären Achsen fest gewählter, verschieden beleuchteter Elemente des Objektes mit der Hauptachse des Objektivs bilden,

A_1 und A_2 die entsprechenden aktinischen wirklich ausgestrahlten Lichtmengen (für Einheiten der Zeit, Fläche, Entfernung gerechnet).

Man könnte nun den Wert von $\frac{1}{E}$ mit Hilfe gewisser Voraussetzungen und auf Grund aktinometrischer und anderer Messungen für jeden einzelnen Fall wirklich annähernd berechnen, doch wäre dies für die Praxis unausführbar; es ist also besser, $\frac{1}{E}$ auf rein experimentellem Wege für besondere Bedingungen zu bestimmen und dann die verschiedenen Fälle, die in der Praxis vorkommen, hierauf zu reduzieren. (Siehe Tabelle der Werte von $\frac{1}{E}$ weiter unten.) Eben dasselbe gilt von der Größe J , welche die aktinische Intensität des beleuchtenden Strahlenbündels bedeutet und wofür man unten eine Tabelle findet.

Für die gesuchte Belichtungszeit t ergibt sich nun nach La Baume-Pluvine's Theorie

$$t = \frac{1}{E} \cdot \frac{1}{J} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{F^2}{\delta^2} \left(\frac{4}{3}\right)^{25-N} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{F}{D}\right)^2}$$

Hier bedeutet:

F die Hauptbrennweite des Objektivs,

D die Entfernung des Gegenstandes vom Objektiv natürlich (längs der Hauptachse gemessen),

δ die wirksame Öffnung des Objektivs; δ ist bei Doppelobjektiven $= \frac{\psi \cdot \delta'}{\psi - l}$, wo

ψ die Hauptbrennweite der Vorderlinse, δ' Blendendurchmesser, l Entfernung des Blendenzentrums vom Austrittsknotenpunkt der Vorderlinse,

N die Anzahl der Grade des Warnerkeschen Sensitometers, welche die benutzte Plattensorte zeigt,

N ist bei den empfindlichsten Platten = 25, und variiert gewöhnlich zwischen 16 und 23.

Der Koeffizient $\frac{1}{\left(1 - \frac{F}{D}\right)^2}$ ist bei Landschaften, weil D dann groß, nahezu = 1;

dagegen kommt er bei Vergrößerungen sehr in Betracht, indem alsdann D nur klein ist. Im obigen ist, sei es noch bemerkt, die Absorption sowie die Reflexion bei den Linsen des Objektivs nicht berücksichtigt, dieselbe hat im Mittel einen Lichtverlust von ca. 20 Prozent zur Folge.

Werte von $\frac{1}{E}$.

Wolken	0,0005
See	0,001
Schnee	0,001
Schiffe auf See	0,003
Gletscher mit Felsen	0,003
Offene Landschaft (Panorama)	0,003
Laub mit Wasser oder weißen Häusern	0,005
Laub allein und nahe	0,01
Lebende Sujets, Porträte, Stilleben usw.	0,01
Wiedergabe schwarzer Linien auf weißem Grunde	0,02.

Werte von $\frac{1}{J}$ (nach Eder, Abney, Vogel).

Direktes, senkrecht auffallendes Sonnenlicht (für Paris, den 21. Juni, Mittagsstunde, also wenn die Sonne 66 Grad über dem Horizont steht)	1
Diffuses Licht, Wetter heiter	4
„ „ Himmel bedeckt	4—10
Unter Bäumen	270
Im Atelier	12
Zimmer, 1 m weit vom Fenster	70
Gut beleuchtete Kirche	200

Werte von $\frac{1}{J}$ im direkten, senkrecht auffallenden Sonnenlicht, aber zu anderen Tageszeiten und für andere Monate.

Steht die Sonne 0 Grad über dem Horizont, so ist $\frac{1}{J} = 55,5$

„ „ „ 10 „ „ „ „ „ „ „ = 9,4
„ „ „ 20 „ „ „ „ „ „ „ = 3,1
„ „ „ 30 „ „ „ „ „ „ „ = 1,7
„ „ „ 40 „ „ „ „ „ „ „ = 1,3
„ „ „ 50 „ „ „ „ „ „ „ = 1,1
„ „ „ 60 „ „ „ „ „ „ „ = 0,9
„ „ „ 70 „ „ „ „ „ „ „ = 0,9
„ „ „ 80 „ „ „ „ „ „ „ = 0,9
„ „ „ 90 „ „ „ „ „ „ „ = 0,9.

Für diffuses Licht sind diese Werte von $\frac{1}{J}$ noch mit den folgenden Faktoren zu multiplizieren.

Bei Sonnenstand von 0 Grad hat man $\frac{1}{J}$ der obigen Tabelle noch mit 14,0 zu multiplizieren.

„ „ „ 10 „ „ „ „ „ „ „ 2,7 „ „
„ „ „ 20 „ „ „ „ „ „ „ 1,6 „ „
„ „ „ 30 „ „ „ „ „ „ „ 1,3 „ „
„ „ „ 40 „ „ „ „ „ „ „ 1,1 „ „
„ „ „ 50 „ „ „ „ „ „ „ 1,1 „ „
„ „ „ 60 „ „ „ „ „ „ „ 1,0 „ „
„ „ „ 70 „ „ „ „ „ „ „ 1,0 „ „
„ „ „ 80 „ „ „ „ „ „ „ 1,0 „ „
„ „ „ 90 „ „ „ „ „ „ „ 1,0 „ „

Da man den Sonnenstand in Graden meist nicht kennt, so sind folgende Tabellen praktischer:

Werte von $\frac{1}{J}$ für direktes, senkrecht auffallendes Sonnenlicht.

↓ Uhr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Abends Uhr
	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-29.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-30.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-30.	
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	8
4,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	15	7,30
5	—	—	—	—	—	—	—	—	30	15	14	10	7
5,30	—	—	—	—	—	—	30	24	15	12	8	6	6,30
6	—	—	—	—	—	30	15	12	8	6	5	4	6
6,30	—	—	—	30	15	12	8	6	4	3,5	3	3	5,30
7	—	—	30	15	12	4	6	4	3	2,5	2,3	2	5
7,30	—	30	15	12	6	4	3,5	3	2,5	2	1,8	1,7	4,30
8	30	15	10	6	4	3	2,5	2	1,8	1,7	1,6	1,6	4
8,30	15	12	7	4	3	2	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	3,30
9	10	6	4	3,5	2,1	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	3
9,30	7	5	3	2,5	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	2,30
10	5	4	3	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	2
10,30	4	3,5	2,5	1,8	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,30
11	4	3,5	2,5	1,8	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,1	1	1	1
11,30	3,5	3	2,5	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1	1	1	12,30
Mittag	3,5	3	2,5	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1	1	1	1	Mittag
Morgens	15.-31.	1.-15.	15.-30.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-30.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	↑
	Dezember		November		Oktober		September		August		Juli		

Faktoren, mit denen man diese Werte von $\frac{1}{J}$ noch zu multiplizieren hat, für diffuses Himmelslicht.

↓ Uhr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Abends Uhr
	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-29.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-30.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-30.	
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
4,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,5	7,5	7,30
5	—	—	—	—	—	—	—	—	7,5	5	3,7	5	7
5,30	—	—	—	—	—	—	6,2	3,7	3,2	2,7	3,5	6,30	
6	—	—	—	—	—	7,5	4	3,5	3	2,5	2	2,5	6
6,30	—	—	—	—	7,5	3,8	3,3	2,5	2	1,8	1,7	1,7	5,30
7	—	—	—	7,5	3,8	3	2	1,9	1,7	1,7	1,6	1,6	5
7,30	—	7,5	6,2	3,8	3	2	1,8	1,4	1,6	1,5	1,4	1,5	4,30
8	7,5	4	3,5	3	2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	4
8,30	4	3,5	3	2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	3,30
9	3,5	3	2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	3
9,30	2,5	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1	1	2,30
10	2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1	1	1	2
10,30	1,9	1,8	1,6	1,5	1,2	1,2	1,1	1	1	1	1	1	1,30
11	1,8	1,7	1,6	1,4	1,2	1,2	1,1	1	1	1	1	1	1
11,30	1,8	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1	1	1	1	1	1	12,30
Mittag	1,8	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1	1	1	1	1	1	Mittag
Morgens	15.-31.	1.-15.	15.-30.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-30.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	15.-31.	1.-15.	↑
	Dezember		November		Oktober		September		August		Juli		

Die für t aufgestellte Formel kann näherungsweise folgendermaßen geschrieben werden:

$$t = L \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{F^2}{\delta^2}$$

Hierin sind die Werte von L nach Dorval:

	Sonnenlicht		Diffuses Licht		Trübes Wetter
	Tagüber	Morgens	Tagüber	Morgens Abends	
Panorama und Marinebilder	$\frac{5}{1000}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{2}{100}$	$\frac{3}{100}$
Panorama mit großen Laubmassen	$\frac{1}{100}$	$\frac{2}{100}$	$\frac{2}{100}$	$\frac{4}{100}$	$\frac{6}{100}$
Ansicht mit hellem Vordergrund oder weißen Gebäuden	$\frac{1}{100}$	$\frac{2}{100}$	$\frac{2}{100}$	$\frac{4}{100}$	$\frac{6}{100}$
Ansicht mit wenig beleuchtetem Vordergrund oder dunklen Gebäuden	$\frac{15}{1000}$	$\frac{3}{100}$	$\frac{3}{100}$	$\frac{6}{100}$	$\frac{9}{100}$
Unter Bäumen, beschatteten Flußufern, Schluchten usw.	$\frac{5}{100}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{12}{100}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{3}{10}$
Lebende Objekte, Gruppen, Porträte im Freien	$\frac{2}{100}$	$\frac{4}{100}$	$\frac{6}{100}$	$\frac{12}{100}$	$\frac{2}{10}$
Dasselbe sehr nahe einem Fenster oder unter einem Dach	$\frac{4}{100}$	$\frac{8}{100}$	$\frac{12}{100}$	$\frac{24}{100}$	$\frac{4}{10}$
Reproduktionen, Vergrößerungen von Photographien, Stichen usw.	$\frac{3}{100}$	$\frac{6}{100}$	$\frac{6}{100}$	$\frac{12}{100}$	$\frac{25}{100}$

(„Tagüber“ gilt im Sommer von 9 bis 4 Uhr, im Winter von 11 bis 2 Uhr.)

II. Belichtungszeit für Gegenstände in Bewegung.

Sobald sich der aufzunehmende Gegenstand bewegt, muß seine Geschwindigkeit berücksichtigt und die scheinbare Bewegung desselben auf der empfindlichen Platte während der Belichtungszeit berechnet werden. Ein Punkt, welcher sich bewegt, erscheint in der Photographie als mehr oder weniger lange Linie; die scheinbare Bewegung des Punktes auf der Platte soll jedoch nicht größer als die Grenze der Unschärfe (d. i. 0,1—0,2 mm) sein. Dann erscheint das Bild scharf.



Fig. 263.

Die Belichtungszeit für Gegenstände in Bewegung berechnet man nach Baume-Pluvinel (a. a. O.) in folgender Weise: Es bewege sich der Punkt A nach B (Fig. 263) während der Zeit der Belichtung = T . Die Geschwindigkeit des Gegenstandes A sei = V , die Bewegungsrichtung gegen die Objektivachse umfaßt den Winkel φ , die Brennweite des Objektivs = F und die Entfernung desselben vom Gegenstand = D . Ist $a b$ die Verschiebung des Bildes (proportional der Bewegung AB), so ist:

Es ist zunächst notwendig, die durchschnittliche Geschwindigkeit der verschiedenen für gewöhnlich in Betracht kommenden Gegenstände zu kennen. (Siehe Tabelle Seite 301)

Für den Winkel φ , welchen die Objektivachse mit der Bewegungsrichtung des Gegenstandes bildet, kommt der sinus φ in Betracht.

Der sin φ ist für	15 Grad = 0,26,
	30 „ = 0,5,0
	45 „ = 0,71,
	60 „ = 0,87,
	75 „ = 0,97,
	90 „ = 1,00.

Beispiel. Wir wollen ein galoppierendes Pferd, dessen Geschwindigkeit 8 m ist, photographieren, während es sich im Winkel von 45 Grad gegen die Objektivachse bewegt; die Bildgröße des Pferdes sei 1 cm, die Größe des Pferdes = 1,6 m. — Wir setzen somit in der Formel (2):

$$O = 1,6 \text{ m}, J = 0,01 \text{ m} \quad \frac{O}{J} = 160, V = 8 \text{ m}, \sin \varphi = 0,7, \omega = 0,0002 \text{ m},$$

$$T = 160 \cdot \frac{0,0002}{8 \cdot 0,7} = \frac{1}{185}$$

d. i., die Belichtungszeit muß $\frac{1}{185}$ Sekunde betragen.

Für den praktischen Gebrauch wird es passender sein, die Bewegungsrichtung senkrecht zur optischen Achse anzunehmen, weil dabei in einer gewissen Zeit das Bild des bewegten Gegenstandes den größten Weg auf der Platte zurücklegt. Es wird deshalb eine für diesen Fall passende Expositionsdauer auch bei einer beliebigen anderen Bewegungsrichtung nicht zu groß sein. Zudem wird eine Schätzung der Neigung der Bewegungsrichtung zur optischen Achse wohl in den seltensten Fällen möglich sein.

Die Formel (2) geht dann über in:

$$T = \frac{O \cdot \omega}{J \cdot V}, \text{ weil } \sin \varphi = 90 \text{ Grad} = 1 \text{ ist.}$$

Vielleicht kann auch für viele eine kleine Tabelle von Nutzen sein, die angibt, welche Expositionsdauer bei gewissen Geschwindigkeiten und gewissen Abständen sein muß. Wir lassen daher eine solche auf Seite 303 folgen, für eine Maximalunschärfe von 0,1 mm.¹⁾

Die Benutzung dieser Tabelle ist sehr einfach: man sucht in der obersten horizontalen Spalte die Geschwindigkeit des bewegten Objektes in Metern, in der ersten vertikalen Kolumne die Zahl, welche angibt, wievielmals die Brennweite des Objectives in der Entfernung des Objektes enthalten ist, und findet, indem man die zu ersterer gehörige vertikale und die zur zweiten gehörige horizontale Spalte verfolgt, die Zeit in Sekunden ausgedrückt, welche eine Exposition dauern darf, damit die durch die Be-

1) Phot. News. 1881. S. 529. Phot. Wochenbl. 1881. S. 386.

Entfernung des Objektes, ausgedrückt in Vielfachen der Brennweite $f = 1$	Geschwindigkeit des bewegten Objektes in Metern																			Belichtungszeit				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5			
50	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
100	0,1	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
200	0,2	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
300	0,3	0,15	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
400	0,4	0,20	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
500	0,5	0,25	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
600	0,6	0,30	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
700	0,7	0,35	0,23	0,17	0,14	0,11	0,10	0,08	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
800	0,8	0,40	0,26	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
900	0,9	0,45	0,30	0,22	0,18	0,15	0,12	0,11	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
1000	1,0	0,50	0,33	0,25	0,20	0,16	0,14	0,12	0,11	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
1100	1,1	0,55	0,37	0,27	0,22	0,18	0,15	0,13	0,12	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
1200	1,2	0,60	0,40	0,30	0,24	0,20	0,17	0,15	0,13	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
1300	1,3	0,65	0,43	0,32	0,26	0,21	0,18	0,16	0,14	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
1400	1,4	0,70	0,47	0,35	0,28	0,23	0,20	0,17	0,15	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
1500	1,5	0,75	0,50	0,37	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01			

wegung erzeugte Unschärfe 0,1 mm nicht übersteigt. Dabei ist zu bemerken, daß, wie man sogleich sieht, die unter 1,0, 2,0 und 3,0 stehenden Zahlen sich von den unter 0,1, 0,2 und 0,3 stehenden einzig dadurch unterscheiden, daß sie nur ein Zehntel davon sind. Deshalb sind sie für 4,0, 5,0, 6,0, 7,0, 8,0, 9,0 nicht noch besonders hingeschrieben worden, da sie sich aus den schon in der Tabelle für 0,4 bis 0,9 stehenden dadurch ergeben, daß man sie durch 10 dividiert, wobei man indessen keine Erhöhung der letzten Ziffer vornehmen darf, da es sich um Grenzwerte handelt.

Es ist nun sehr interessant, für gewisse Bewegungsvorgänge zu sehen, in welcher Entfernung sie mindestens stattfinden müssen, um mit einem Momentverschluß von $\frac{1}{100}$ Sekunde Exposition noch Bilder von höchstens 0,1 mm Unschärfe zu ergeben. Ein Schiff habe beispielsweise eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 5,5 m; man sucht in der vertikalen Spalte, die unter 5,5 steht, und findet, daß man hier die Zahl 0,01 als Expositionszeit in Sekunden wählen muß, damit ein solches parallel der Platte vorüberfahrendes Schiff noch scharf erscheinen würde, wenn es 600mal so weit entfernt wäre, als die Brennweite des Objectives beträgt. Es versteht sich von selbst, daß für einen schnelleren Momentverschluß sich alle Distanzen entsprechend vermindern. — Ein trabendes Pferd legt eine Strecke von 7000 m durchschnittlich in 40 Minuten zurück, hat also eine Geschwindigkeit von ca. 3 m in der Sekunde. Sucht man nun unter der mit 3 überschriebenen Kolumne, so findet man für die Zahl 0,01 die entsprechende Ziffer der ersten Kolumne 300, d. h. das Pferd muß 300mal weiter entfernt sein, als die Brennweite des Objectives ist; ein Mensch von 1,75 m Größe würde also auf der Platte hierbei 2,8 mm groß erscheinen. — Ein Mensch geht durchschnittlich mit einer Geschwindigkeit von 1,3 m; aus der Tabelle sieht man sogleich, daß er in einer Entfernung von etwas mehr als der hundertfachen Brennweite bei 0,01 Sekunden Exposition noch scharf erscheinen wird. Wenn das Objectiv 100 Brennweiten vom Objekt entfernt ist, liegt für die Abbildung hundertmalige Verkleinerung vor. Der Mensch wird dabei auf der Platte die Größe von 17,5 mm haben. Diese Betrachtung ist nun auch noch in anderer Beziehung sehr interessant. Sie zeigt nämlich, daß die Größe des bewegten Objectes auf der Platte ganz unabhängig ist von der Brennweite des verwendeten Objectives, immer natürlich vorausgesetzt, daß man den gleichen Grad der Schärfe anstrebt. Dies ist also der Grund, weshalb es so unmöglich ist, Momentaufnahmen in großem Maßstabe herzustellen. Verwendet man, was ja nicht ausgeschlossen ist, ein größeres Objectiv, so muß man, um die Bewegungsunschärfe genügend zu reduzieren, so viel weiter zurückgehen, um das Bild des Objectes nun doch auf jene geringe Größe zurückzuführen. — Daß die obige Tabelle für eine Maximalunschärfe von 0,1 mm aufgestellt wurde, wiewohl noch eine Unschärfe von 0,2 mm allenfalls, wenn nicht durchgehend, zulässig ist, hat seinen Grund darin, daß man immer nur die Geschwindigkeit des Gesamtobjectes in Rechnung zu ziehen pflegt, daß aber einzelne Teile desselben, wie die Räder der Wagen, die Beine der Tiere usw., sich durchschnittlich mit der doppelten Geschwindigkeit bewegen. Sie werden also, wenn man nach obiger Tabelle arbeitet, eine Unschärfe von 0,2 mm, die Gesamtobjecte aber von 0,1 mm zeigen. Will man bewegte Gegenstände aus nicht zu großer Entfernung aufnehmen, so kann man dies nur durch Verkürzung der Belichtungszeit erreichen, wie dieses bei Anwendung von Schlitzverschlüssen möglich ist. Bei diesen wird bekanntlich nur ein schmaler Spalt an der Platte vorbeigeführt. Dabei darf die Fortbewegungsgeschwindigkeit des Bildes auf der Platte nicht so groß werden, daß der Zeitunterschied in der Belichtung des oberen und unteren Teiles der Platte bemerkbar wird. In diesem Falle würde z. B. ein laufender Mensch vorwärtsfallend abgebildet. —

Für den Anfänger dient folgende beiläufige Angabe der Belichtungszeit für einige häufigere Fälle zur Orientierung, vorausgesetzt, daß man rapide Bromsilbergelatineplatten und Objektive von großer Helligkeit verwendet.

	Belichtungszeit
Lachende Kinder, lebende Bilder usw., bei welchen man einen Augenblick der Ruhe abwartet, dann mittels eines langsamen Momentverschlusses belichtet	$\frac{1}{5}$ bis 1 Sek.
Dressierte Hunde, Katzen usw.	$\frac{1}{2}$ " $\frac{1}{10}$ "
Straßenszenen vom Fenster eines Stockwerkes aus, je nach der Größe der Figuren	$\frac{1}{20}$ " $\frac{1}{50}$ "
Weidendes Vieh, Schafherden mit freiem Himmel	$\frac{1}{20}$ " $\frac{1}{30}$ "
Fahrende Schiffe in einer Distanz von 500 bis 1000 m	$\frac{1}{20}$ " $\frac{1}{30}$ "
Fahrende Schiffe in größerem Formate und geringeren Distanzen	$\frac{1}{50}$ " $\frac{1}{150}$ "
Tiere, welche 3 bis 5 cm hoch im Bilde erscheinen sollen und quer gehen (z. B. Tiergartenbilder)	$\frac{1}{50}$ " $\frac{1}{100}$ "
Springende und trabende Pferde, fliegende Vögel, laufende Menschen usw.	$\frac{1}{100}$ " $\frac{1}{400}$ " und $\frac{1}{1000}$ "

III. Aufstelldistanz bei Momentaufnahmen.

Es ist klar, daß auch die Aufstelldistanz bei Momentaufnahmen schnell bewegter Gegenstände eine Rolle spielt. Nachstehend soll nun die von Dr. Rudolf Steinheil gegebene Ableitung für eine Beziehung zwischen Aufstelldistanz, Geschwindigkeit des bewegten Gegenstandes, Brennweite des benutzten Objektivs und Expositionsdauer wiedergegeben werden.

Bewegt sich ein Punkt des Objektes im Moment der Aufnahme, so bewegt sich natürlich auch der diesem Objektpunkt entsprechende Bildpunkt auf der Platte. Die

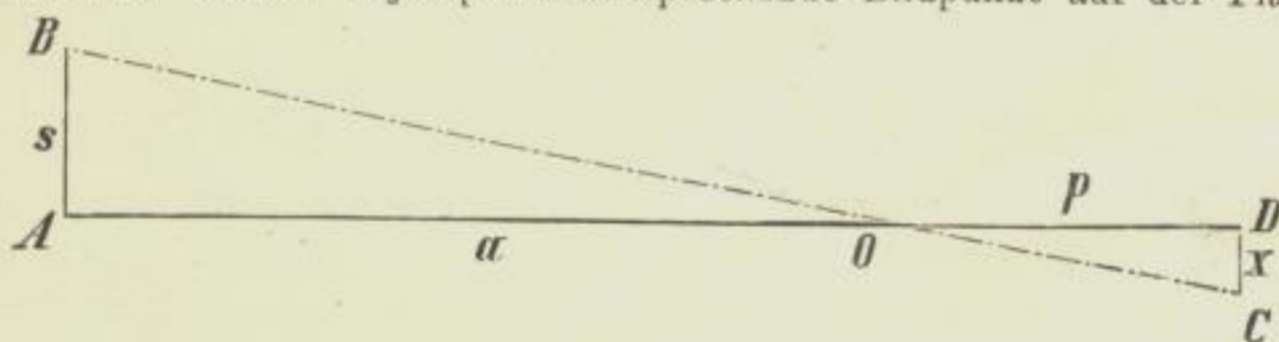


Fig. 263 a.

Größe dieser letzteren Bewegung ist abhängig von der Größe der Bewegung des Objektivpunktes, der Entfernung desselben vom Objektiv, von der Dauer der Belichtung und der Brennweite des Objektivs. Um die Art der Abhängigkeit abzuleiten, nehmen wir an, der Objektivpunkt sei in einer geradlinigen, gleichförmigen Bewegung senkrecht zur optischen Achse begriffen. In Figur 263a stelle $AB = s$ den Weg dar, welchen der Objektivpunkt in der Zeit t zurücklegt, $AO = a$ sei die Entfernung des Objektivpunktes vom Objektiv O , $OC = p$ die Brennweite des Objektivs und $CD = x$ der vom Bildpunkt in derselben Zeit t zurückgelegte Weg. Aus den ähnlichen Dreiecken AOB und COD können wir dann entnehmen

$$\frac{s}{a} = \frac{x}{p}$$

oder

$$x = p \times \frac{s}{a} \dots \dots \dots \text{I.}$$

Nach den Gesetzen der Mechanik setzt sich aber bei einer gleichförmigen Bewegung der Weg zusammen aus dem Produkte von der Geschwindigkeit¹⁾ c und der Zeit t ; so daß wir also setzen können:

$$s = c \times t \text{II.}$$

und somit Gleichung I auch schreiben können:

$$a \times p = \frac{c \times t}{x};$$

oder

$$a = \frac{c \times t}{x} \times p \text{III.}$$

Die Größe x darf, wenn der Bildpunkt noch vollkommen scharf erscheinen soll, nicht größer werden als 0,1 mm, so daß wir also unsere Gleichung III auch in der Form schreiben können:

$$a = 10^4 \times c \times t \times p^2) \text{IIIa.}$$

Setzen wir in dieser Formel $p = 1$, so können wir für verschiedene Geschwindigkeiten c und verschiedene Belichtungsdauer t eine Tabelle aufstellen für die Aufstell-distanz a . Der Gebrauch dieser Tabelle ist sehr einfach; denn sie enthält bei Kenntnis der Belichtungsdauer des Verschlusses und der Geschwindigkeit des bewegten Objektes die Zahl, welche mit der Brennweite des Objectives multipliziert die Aufstell-distanz ergibt, von welcher aus das Objekt völlig scharf erscheinen wird.

Geschwindigkeit	Belichtungsdauer								
	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{1000}$
Fußgänger; $c=1,7$ m .	1700	850	425	340	212,5	170	85	34	17
Pferd im Trab; $c=4$ m .	4000	2009	1000	800	500	400	200	80	40
Dampfschiff; $c=5$ m .	5000	2500	1250	1000	625	500	250	100	50
Pferd im Galopp; $c=6$ m	6000	3000	1500	1200	750	600	300	120	60
Schnellzug; $c=14$ m .	—	7000	3500	2800	1750	1400	700	280	140
Büchsenkugel; $c=400$ m	—	—	—	—	50000	40000	20000	8000	4000

Hat man z. B. mit einem Objectiv von 24 cm Brennweite und einem Verschuß, welcher $\frac{1}{80}$ Sekunde Belichtungsdauer zuläßt, ein galoppierendes Pferd zu photographieren, so braucht man nur die in der Tabelle stehende Zahl 750 mit 0,24³⁾ zu multiplizieren, um die Aufstell-distanz zu erhalten; dieselbe wäre in diesem Falle 180 m.

Es ist nun aber, hauptsächlich für den Amateurphotographen, mißlich, wenn er stets mit einer Tabelle ausgerüstet sein soll, aus welcher er die Aufstell-distanz in jedem einzelnen Falle erst entnehmen muß; meistens würde er hierzu überhaupt die Zeit nicht finden können. Die Tabelle wird also für den Ateliergebrauch, und wo es sich sonst um wohl vorbereitete Aufnahmen handelt, zu verwenden sein, nicht aber zum feldmäßigen Gebrauch auf Touren usw. Für diese letzteren Zwecke werden meist Handkameras verwendet, deren Verschuß wohl selten eine kürzere Belichtungsdauer als $\frac{1}{100}$ Sekunde gestatten dürfte — wenigstens haben eine Reihe von mir in dieser Richtung angestellte Versuche dieses Resultat ergeben. Überhaupt dürfte es

1) Dabei ist die Geschwindigkeit der in der Zeiteinheit zurückgelegte Wert.

2) Wenn c und p in Metern ausgedrückt werden, muß dasselbe auch mit x geschehen; es muß also gesetzt werden $x = 0,0001$ oder $\frac{1}{x} = 10000 = 10^4$.

3) Die Brennweite muß auch in Metern ausgedrückt sein.

auch bei rascher wirkenden Verschlüssen nicht oft möglich sein, die Belichtungsdauer auf weniger als $\frac{1}{100}$ Sekunde zu bringen. Man wird daher in den meisten Fällen nicht weit fehlen, wenn man annimmt, der Verschuß gestatte eine Belichtungsdauer von $\frac{1}{100}$ Sekunde, um was es langsamer geht, das wird an Schärfe eingebüßt; das Bild wird aber doch noch genügend scharf erscheinen, denn die oben gestellte Bedingung, daß x nicht größer werden dürfe als 0,1 mm, liefert Negative, welche sich noch gut vergrößern lassen; kürzere Belichtungsdauer wird aber, wie gesagt, nur selten zu erreichen sein, und in diesen Ausnahmefällen möge dann obige Tabelle benutzt werden. Für gewöhnlich aber kann man annehmen, der Verschuß belichte in $\frac{1}{100}$ Sekunde, dadurch wird unsere Gleichung III

$$a = \frac{1}{100} \times \frac{cp}{x}$$

oder in der Form IIIa

$$a = 100 \times c \times p.$$

Sie spricht also folgende Regel aus: Die 100fache Geschwindigkeit des bewegten Objektes mit der Brennweite des anzuwendenden Objektivs multipliziert gibt die Aufstelldistanz.

Mit Hilfe dieser einfachen Regel ist jedermann imstande, gleich die richtige Aufstellung bei Momentaufnahmen zu machen. Man braucht nur einige Geschwindigkeiten, wie z. B. die eines Fußgängers, eines Pferdes im Trab und im Galopp und eines Schnellzuges, im Kopfe zu behalten, um für jeden vorkommenden Fall gewaffnet zu sein.

SIEBZEHNTE KAPITEL.

DIE ZONENPLATTE VON SORET UND DIE PHASENUMKEHRUNGSPLATTE VON WOOD ALS ERSATZ PHOTOGRAPHISCHER LINSEN.¹⁾

Im Jahre 1875 hat der französische Physiker Soret²⁾ zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß eine Glasplatte, welche mit einer Reihe von konzentrischen, abwechselnd durchsichtigen und undurchsichtigen Ringflächen, deren Breiten und Abstände nach außen nach einem gewissen Gesetze abnehmen, bedeckt ist, die Stelle einer Linse übernehmen kann. Die Lichtstärke einer solchen Soretschen Zonen-

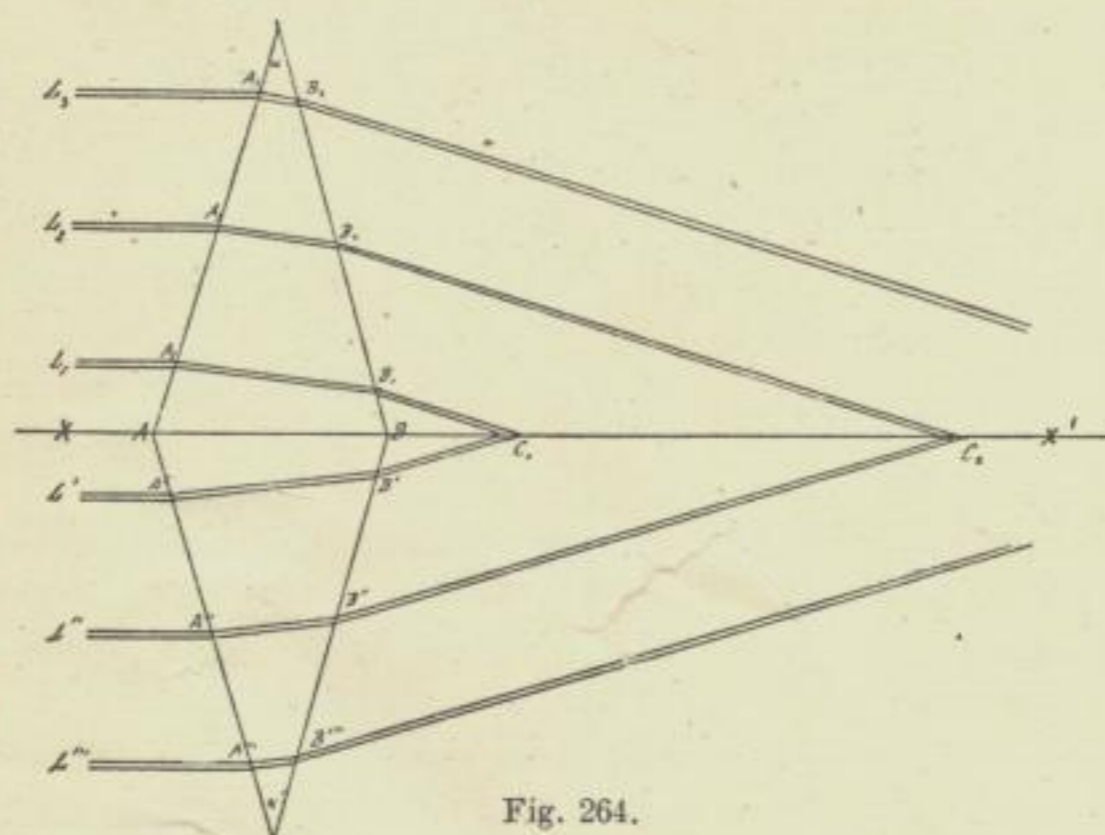


Fig. 264.

platte ist jedoch gering, weil ein großer Teil des Lichtes durch Interferenz und auch durch Zerstreuung für die Linsenwirkung verloren geht. Einer Anregung Lord Rayleighs folgend, hat dann R. W. Wood³⁾ die Zonenplatte in der Weise vervollkommen, daß er die schwarzen Ringflächen durch dünne Gelatineflächen ersetzte, durch welche die Phase des durchgehenden Lichtes umgekehrt und die lichtschwächende Wirkung der Interferenz aufgehoben wird. Eine solche Platte wird eine Woodsche oder eine Phasenumkehrplatte genannt.

1) Nach einem Berichte von Prof. Pfaundler in Eders Jahrbuch f. Photographie 1900. S. 193.

2) Poggend. Ann. 1875.

3) Philosoph. Magaz. (5) 1898. Bd. XLV. S. 511; Photogram, August 1898. S. 259; Photogr. Times 1899. S. 65; Bull. Belge Photogr. 1899. S. 455.

platte ist jedoch gering, weil ein großer Teil des Lichtes durch Interferenz und auch durch Zerstreuung für die Linsenwirkung verloren geht. Einer Anregung Lord Rayleighs folgend, hat dann R. W. Wood³⁾ die Zonenplatte in der Weise vervollkommen, daß er die schwarzen Ringflächen durch

Eine streng wissenschaftliche Erklärung der beiden Arten der Zonenplatte würde nicht allein eingehende Vorkenntnisse aus der höheren Optik und der Analysis, sondern auch einen größeren Raum, als uns zur Verfügung steht, beanspruchen. Wir wollen daher hier nur versuchen, eine populäre Erklärung zu geben.

I. Die Soretsche Zonenplatte.

Wir können sagen, daß dieselbe sich zu einem Beugungsgitter ebenso verhält, wie eine Linse zu einem Prisma. Um dies einzusehen, wollen wir in Erinnerung bringen, wie die Linse aus dem Prisma abgeleitet werden kann. Betrachten wir zunächst Fig. 264. Dieselbe stellt den Durchschnitt zweier Prismen vor, welche mit der Basis AB aneinander gelegt sind. α und

α' sind die beiden gleich großen brechenden Winkel. Je drei achsenparallele Strahlenbündel einfarbigen Lichtes $L_1 A_1, L_2 A_2 \dots$, welche auf je ein Prisma auftreffen, erfahren bekanntlich eine solche Ablenkung, daß sie, unter sich parallel austretend, die Achse XX' in verschiedenen Stellen $C_1, C_2 \dots$ schneiden. Wollen wir er-

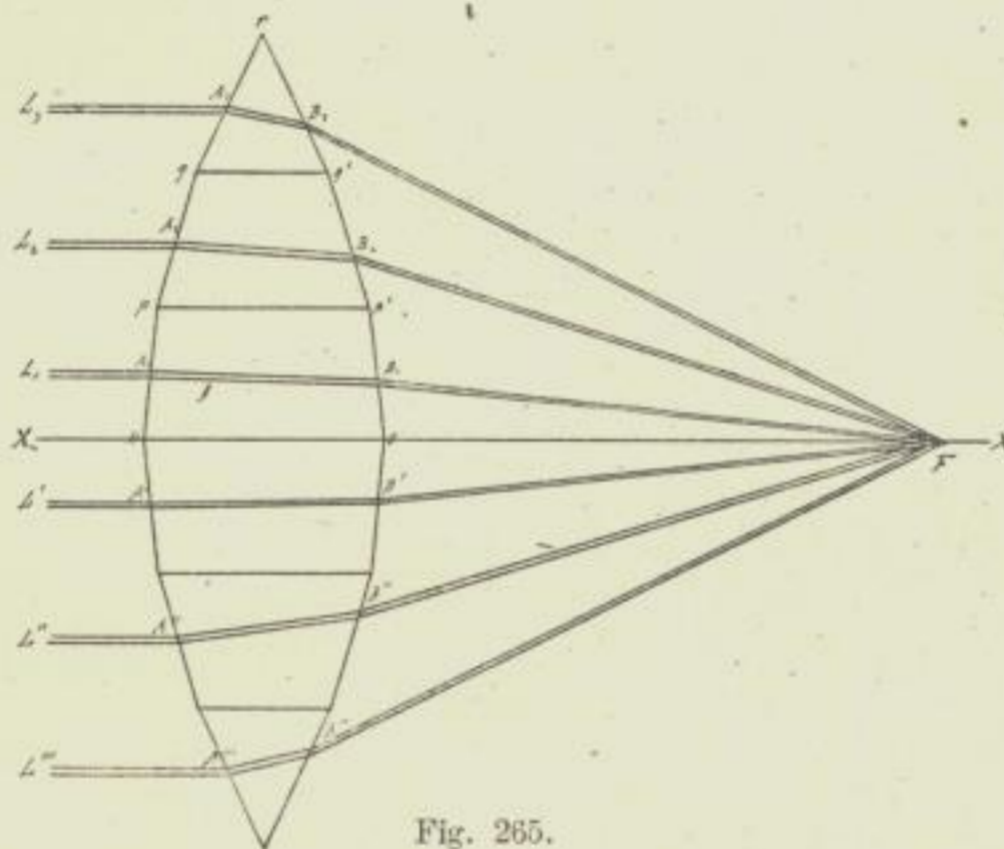


Fig. 265.

reichen, daß dies in einem einzigen Punkt geschehe, so müssen wir für jedes Strahlenbündel ein anderes Prisma anwenden, dessen brechender Winkel desto desto größer ist, je weiter von der Achse entfernt die Strahlen einfallen. Fig. 265 zeigt den Querschnitt einer solchen aus sechs Prismen bestehenden Kombination. Um diese Wirkung aber in vollkommener Weise für alle in der Zeichnungsebene parallel einfallenden Strahlen zu erreichen, müssen wir die gebrochenen Linien $opqr$ und $o'p'q'r'$ durch eine kontinuierlich gekrümmte Linie ersetzen, wobei wir auch erreichen, daß die Strahlen innerhalb jedes Strahlenbündels nicht parallel austreten, sondern alle durch den Punkt F hindurchgehen. Denken wir uns dann noch den ganzen Querschnitt um die Achse XX' rotierend, so erhalten wir die Form einer (parabolischen) Konkavlinse, welche angenähert durch die gewöhnliche sphärische Bikonvexlinse ersetzt werden kann. In dieser gehen dann (von der sphärischen Aberration abgesehen) alle parallel einfallenden

Strahlen durch den Punkt F , der dann der Brennpunkt genannt wird. Ganz analog können wir uns die Bikonkavlinse aus der Prismenkombination (Fig. 266) hervorgegangen denken. Während die aus dieser

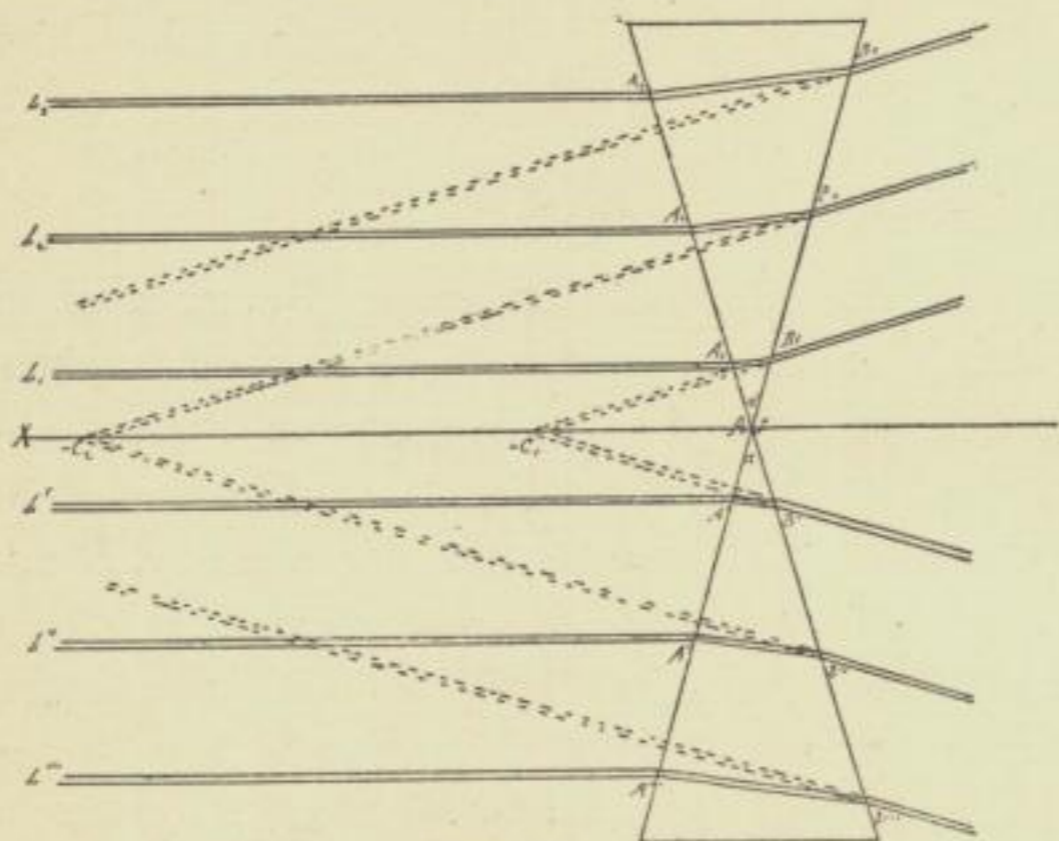


Fig. 266.

Fig. 267.

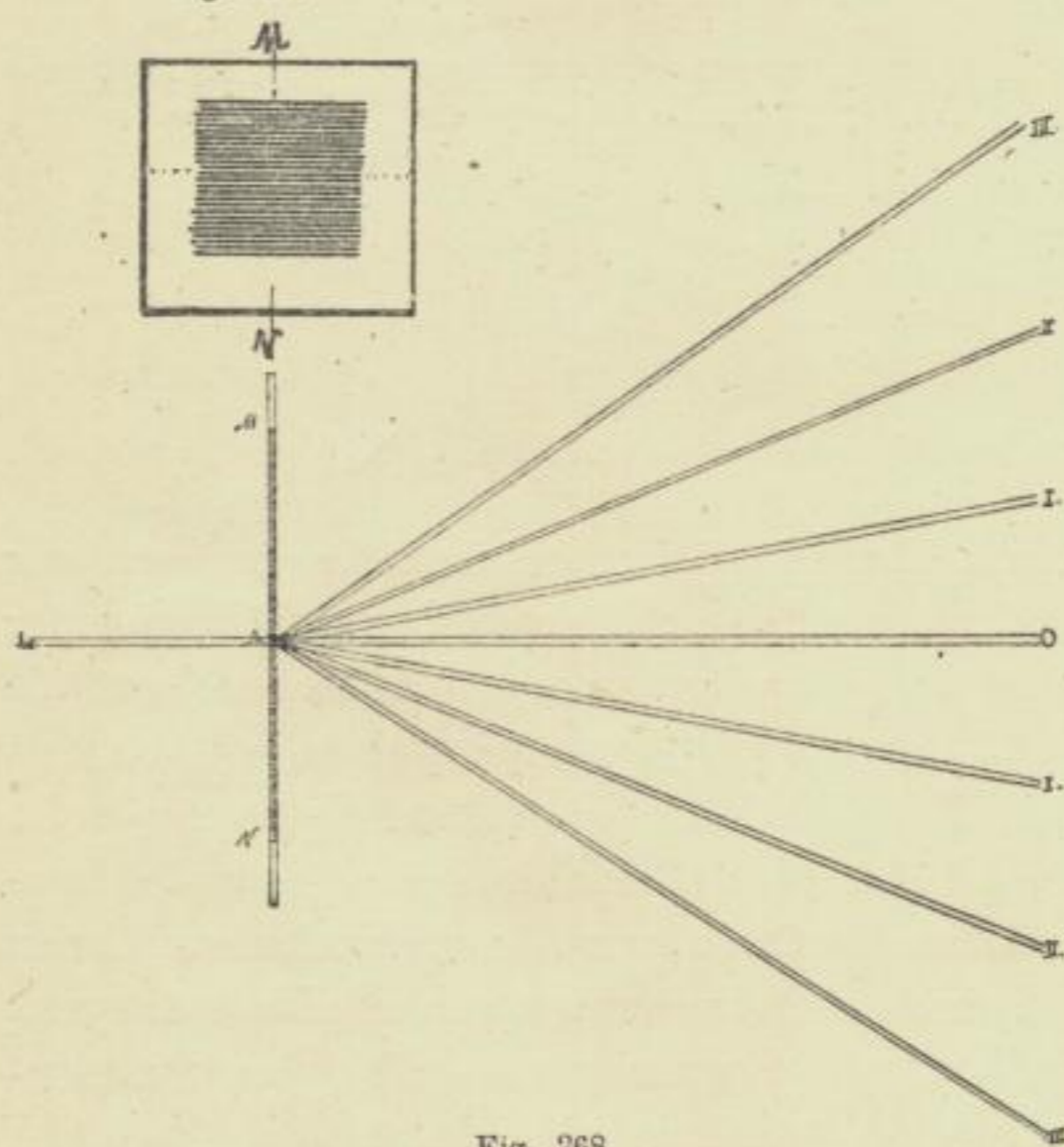


Fig. 268.

Prismenkombination (Fig. 266) nach rechts austretenden Strahlenbündel rückwärts verlängert die Achse an verschiedenen Stellen — $C_1, -C_2 \dots$ schneiden, hat die Zerstreuungslinse bekanntlich für alle achsenparallel einfallenden Strahlen einen gemeinsamen virtuellen Brennpunkt (Zerstreuungspunkt), wobei wieder von der sphärischen Aberration abgesehen wird.

Nun betrachten wir ein Beugungsgitter. Dasselbe besteht meistens aus einer Glasplatte, auf welcher ein System von feinen, gleichweit abstehenden geraden Linien gezogen ist (Fig. 267). Der Abstand der Linien muß sehr klein sein und beträgt meist weniger als 0,01 mm, so daß also ein 3 cm langes Beugungsgitter über 3000 Linien enthält. Fällt ein schmales Lichtbündel

senkrecht auf ein solches Gitter, so geht an jedem Punkte jeder Spalte zwischen den Gitterstäben eine Lichtwelle aus. Diese Lichtwellen durchkreuzen sich hinter der Platte, und da hierbei die Schwingungen der Lichtätherteilchen vielfach mit entgegengesetzter Phase zusammen-

treffen, so kommt es an vielen Stellen zu einer Auslöschung, an anderen Stellen zu einer Verstärkung der Lichtschwingungen, welcher Vorgang eben als Interferenz bezeichnet wird. Da wir hier nicht die ganze Theorie der Beugungsgitter vortragen können, so wollen wir nur das Resultat mitteilen, welches aus diesem Prozesse hervorgeht.¹⁾

Es stelle MN (Fig. 268) die Gitterplatte vor. Die Gitterlinien stehen senkrecht zur Zeichnungsebene, die wir uns horizontal gelegt denken. Ein schmales Lichtbündel einfarbigen Lichtes LA treffe normal auf das Gitter. Es zeigt sich dann, wie wir uns durch einen jenseits aufgestellten Schirm überzeugen können, die Erscheinung, daß einmal eine geradlinige Fortsetzung des Strahlenbündels nach O gelangt, wie wenn die Gitterplatte eine einfache Glasplatte wäre. Dann aber zeigt sich gleichzeitig, daß in der Zeichnungsebene in den Richtungen nach I, II, III usw., sowie nach I', II', III' usw., also auf beiden Seiten von O , Strahlenbündel von abnehmender Lichtstärke sich fortpflanzen, so daß auf dem Schirme rechts und links von dem hellen Flecke bei O ebensolche in I und I', II und II', III und III' usw. entstehen, welche Flecke die Form des Querschnittes des einfallenden Strahlenbündels besitzen. Die Winkel $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ usw., welche die abgelenkten Strahlenbündel $AI, AII, AIII$ mit der Richtung AO einschließen, folgen einem sehr einfachen Gesetze. Ist nämlich der Abstand der Gitterlinien, von Mitte zu Mitte derselben gerechnet, gleich b , die Wellenlänge des angewendeten einfarbigen Lichtes gleich λ , so sind diese Winkel der Reihe nach gegeben durch die Beziehungen $\sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{b}$, $\sin \alpha_2 = \frac{2\lambda}{b}$, $\sin \alpha_3 = \frac{3\lambda}{b}$, d. h. die Sinuse der Ablenkungswinkel verhalten sich wie die ganzen Zahlen 1, 2, 3... und sind überdies proportional der Wellenlänge des angewendeten Lichtes und verkehrt proportional dem Linienabstande. Diese Abhängigkeit von der Wellenlänge hat zur Folge, daß, wenn man den Versuch einmal mit violettem, das andere Mal mit rotem Lichte anstellt, im letzteren Falle die roten Flecke auf dem Schirm nahezu doppelt so weit auseinander liegen, als die violetten, weil die Wellenlänge des roten Lichtes nahezu doppelt so groß ist, wie die des violetten. Eine weitere Folge davon ist, daß bei Anwendung des weißen Lichtes an Stelle der einfarbigen Seitenflecke Spektren auftreten, während der mittlere Fleck weiß bleibt. Von diesen Spektren erscheint das erste links und rechts isoliert von den anderen, während die folgenden Spektren sich teilweise überdecken.

1) Weiter unten werden wir den Mechanismus der Interferenz an einer fertigen Soretschen Gitterplatte auseinandersetzen.

Die Abhängigkeit der Ablenkung von b hat zur Folge, daß wir es ganz in der Gewalt haben, diese Ablenkung der ersten Seitenfleck (und damit auch die der folgenden) größer oder kleiner zu erhalten. Je kleiner b , d. h. je feiner das Gitter oder je größer die Anzahl der Gitterstriche auf die Einheit der Länge ist, desto größer wird die Ablenkung der Strahlenbündel. Dieser Umstand ist für das Folgende von Wichtigkeit.

Lassen wir jetzt zunächst die Strahlenbündel II , $III \dots$ und II' , $III' \dots$ und alle folgenden außer Betracht und beachten nur die Strahlenbündel O , I und I' , als wenn sie allein vorhanden wären. MN (Fig. 269) stelle wieder die Gitterplatte vor, auf welche jetzt mehrere parallele Strahlenbündel normal auffallen. Das Bündel LA wollen wir als Achse

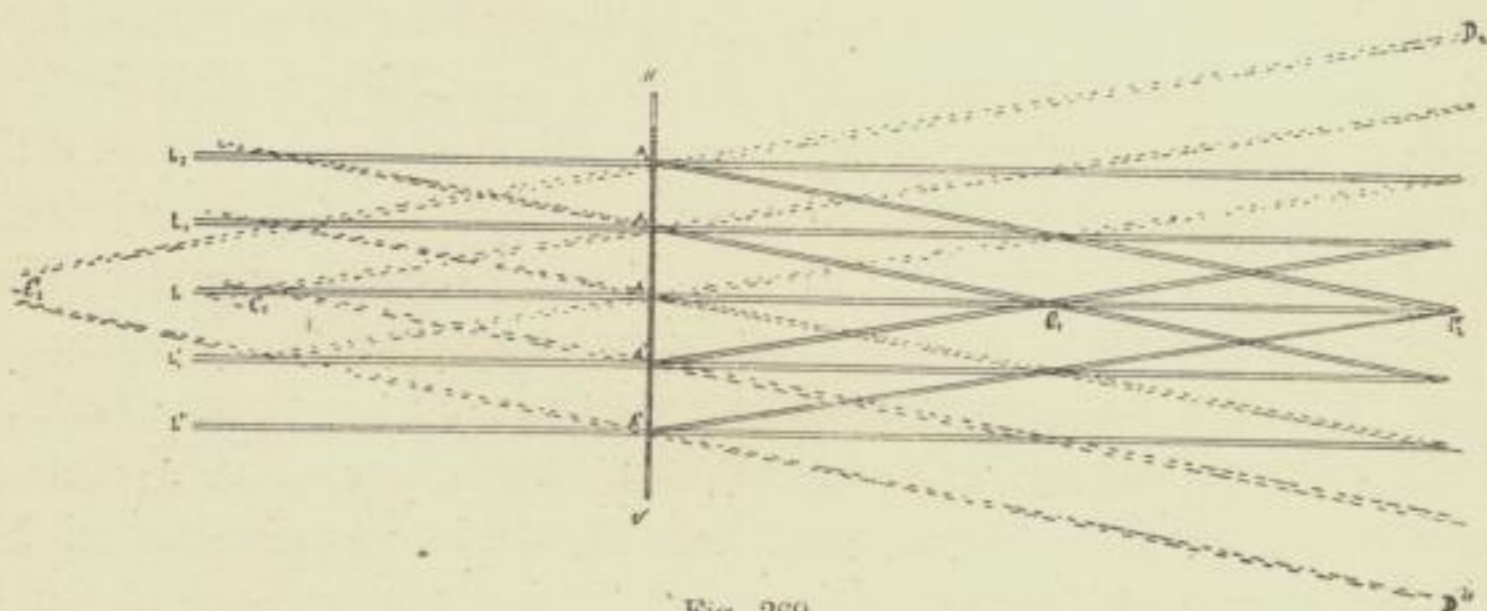


Fig. 269.

ansehen. Jedes der auffallenden Bündel liefert dann hinter der Platte drei Bündel, wovon je eines die gerade Fortsetzung des einfallenden ist, ein zweites gegen die Achse hin, ein drittes von der Achse weg nach außen abgelenkt erscheint. In der Fig. 269 sind die zur Achse parallelen und die konvergierenden Bündel mit ganz ausgezeichneten, die divergierenden mit punktierten Linien gezeichnet.

Eine solche Platte spielt demnach eine dreifache Rolle, erstens die Rolle einer gewöhnlichen Glasplatte, insofern sie die auffallenden Strahlenbündel parallel zur Achse hindurchtreten läßt, zweitens die Rolle der Prismenkombination (Fig. 266), da die normal auffallenden Bündel sich als unter sich parallele, aber zur Achse konvergente Bündel fortsetzen, drittens die Rolle der Prismenkombination (Fig. 266), da die auffallenden Bündel auch als unter sich parallele, zur Achse divergente Bündel sich fortsetzen. Sowie es möglich war, diese Prismenkombinationen (Fig. 264 und 266) zu Linsen umzugestalten, muß es auch möglich sein, die Gitterplatte so umzugestalten, daß sie wie eine Linse wirkt. Wir haben nur hier wie dort dafür Sorge zu tragen, daß die normal einfallenden Strahlenbündel desto stärker abgelenkt

werden, je weiter von der Achse entfernt sie auftreffen. Bei den Prismen erreichten wir dies durch die Vergrößerung des Prismenwinkels α , bei der Gitterplatte dagegen durch Verkleinerung des Linienabstandes b . Machen wir in Fig. 269 bei A_2 und A' das Gitter entsprechend feiner, so können wir erreichen, daß die Strahlenbündel $A_2 C_2$ und $A' C_2$ ebenfalls durch C_1 hindurchgehen, sowie auch, daß die Strahlenbündel $A_2 D_2$ und $A' D'$ rückwärts verlängert, statt durch $-C_2$ durch $-C_1$ hindurchgehen. Um aber zu bewirken, daß alle in der Zeichnungsebene normal zur Platte auffallenden Strahlen durch den Punkt C_1 gehen, muß natürlich eine entsprechende kontinuierlich fortschreitende Verengung des Gitters von der Mitte A gegen die Enden hin stattfinden. Es gehen dann nicht bloß alle Strahlenbündel durch C_1 , bzw. $-C_1$, sondern auch die Strahlen innerhalb der Bündel konvergieren dann gegen C_1 , bzw. $-C_1$. Denken wir uns diese Anordnung ausgeführt und stellen uns weiter vor, daß die Figur um die Achse LA rotiere, so daß an die Stelle der geradlinigen Gitterlinien konzentrische Kreise treten, so ist die Soretsche Zonenplatte fertig. Die Fig. 270, bzw. ein von ihr aufgenommenes, verkleinertes Negativ, stellt eine Abbildung einer solchen Zonenplatte vor. Die Rechnung lehrt, daß die Radien der die aufeinander folgenden Ringflächen begrenzenden Kreise sich verhalten müssen wie die Quadratwurzeln aus der natürlichen Zahlenreihe, also wie $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \sqrt{4} \dots$, um die Strahlen in der Weise abzulenken, daß die konvergierenden durch einen reellen Brennpunkt hinter der Platte und die divergierenden durch einen virtuellen Brennpunkt vor der Platte hindurchgehen. Die Soretsche Platte wirkt also gleichzeitig als einfache Glasplatte, als Konvexlinse und Konkavlinse. Ja, sie wirkt noch mehr! Wir haben ja bisher von den abgelenkten Strahlenbündeln nur jene der ersten Ordnung, nämlich die Bündel AI und AI' der Fig. 268 in Betracht gezogen. Berücksichtigen wir noch die Anwesenheit der Strahlenbündel der II., III. und höherer Ordnung, so ergibt eine einfache Überlegung, daß dieselbe Platte eine ganze Reihe von reellen und virtuellen Brennpunkten haben müsse. Die Platte wirkt also gleichzeitig wie eine große Anzahl von Sammel- und Zerstreuungslinsen mit abnehmender Brennweite. Die Rechnung lehrt, daß diese Brennweiten gegeben sind durch die Reihe $\frac{r}{\lambda}, \frac{r}{3\lambda}, \frac{r}{5\lambda}$, worin r den Radius des innersten Kreises und λ wieder die Wellenlänge vorstellt. Für das hellste gelbe Licht von der Wellenlänge 0,000589 mm berechnet sich hieraus, daß eine Platte, deren größte Brennweite 120 mm haben soll, für den innersten Kreis einen Radius von 0,266 mm haben muß, was

einer Platte entspricht, deren Ringsystem durch Verkleinerung der Fig. 270 auf $\frac{1}{12}$ des Maßstabes entsprechen würde. Dieselbe Platte hätte dann aber weiter noch die Brennweiten (und Zerstreuungsweiten) 40 mm, 24 mm, 17 mm, 13,3 mm usw. Es ist dies zwar eine höchst merkwürdige und theoretisch sehr interessante Eigenschaft der Zonenplatte, aber sie gereicht ihr in praktischer Beziehung nicht zum Vortheile, wenn wir sie als Ersatz einer Linse benutzen wollen; denn das Licht, welches in den folgenden Brennpunkten konzentriert wird, geht

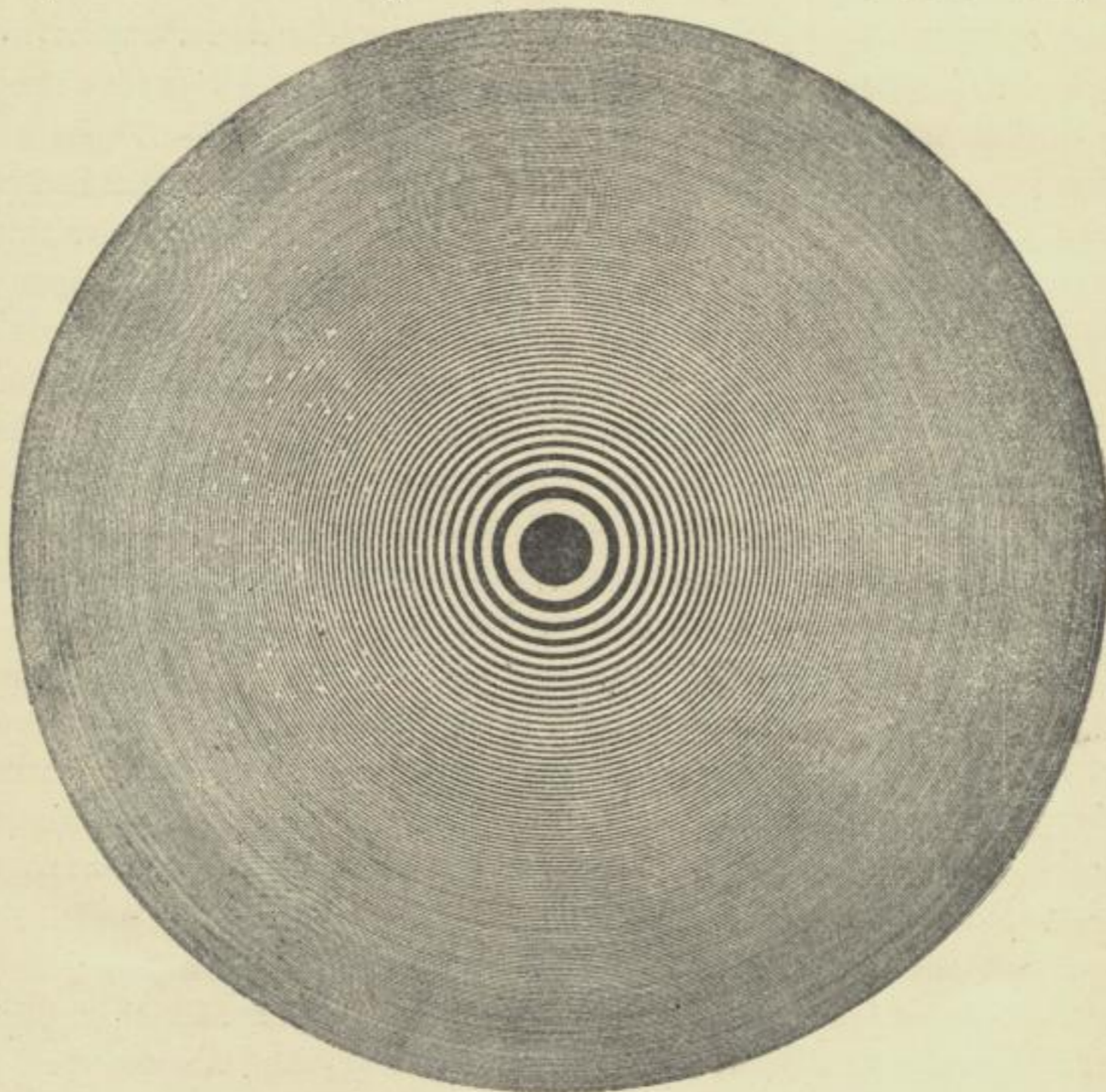


Fig. 270.

ihr für den ersten Brennpunkt verloren. Da sie außerdem für diesen Brennpunkt auch noch das Licht verliert, welches normal durch die Platte geht, und jenes, welches zerstreut wird, endlich auch noch jenen Anteil, welcher von den schwarzen Ringflächen absorbiert wird, so kann ihre effektive Lichtstärke nur eine geringe sein, und überdies muß bei der Anwendung derselben als Kameraobjektiv das viele falsche Licht die „Brillanz“ des Bildes sehr beeinträchtigen. Immerhin gelang es Soret, von sehr hellen Objekten, z. B. dem elektrischen Lichtbogen, Bilder durch die Kamera zu erhalten.



Interessant ist die Wirkung einer solchen Platte, wenn sie als Okular mit einer Objektivlinse zu einem Fernrohr verbunden wird. Je nach der Entfernung zwischen Okular und Objektiv erhält man dann ein Keplersches oder ein Galileisches Fernrohr mit verkehrten oder aufrechten Bildern verschiedener Größe. Von sphärischer Aberration ist die Zonenplatte, wenn richtig konstruiert, gänzlich frei, dagegen ist die chromatische Abweichung nicht zu beseitigen. Um eine solche Platte anzufertigen, befolgte Soret die mühsame Methode, das Ring-system in großem Maßstabe von vier englischen Fuß Durchmesser auf einer weißen Papierfläche nach den berechneten Dimensionen zu zeichnen und dann auf photographischem Wege zu verkleinern.

Wir wollen nun, um die Wirkungsweise der Soretschen Platte noch vollständiger zu erklären und auch das Verständnis der Woodschen Platte anzubahnen, auf den

Vorgang der Interferenz des Lichtes etwas näher eingehen. Nach der heute allgemein geltenden Huygens'schen Wellentheorie des Lichtes geht die Ausbreitung desselben ähnlich vor sich, wie die Ausbreitung der Wasserwellen auf der Oberfläche eines Teiches, in den man einen Stein geworfen hat. Um jedes Erregungszentrum

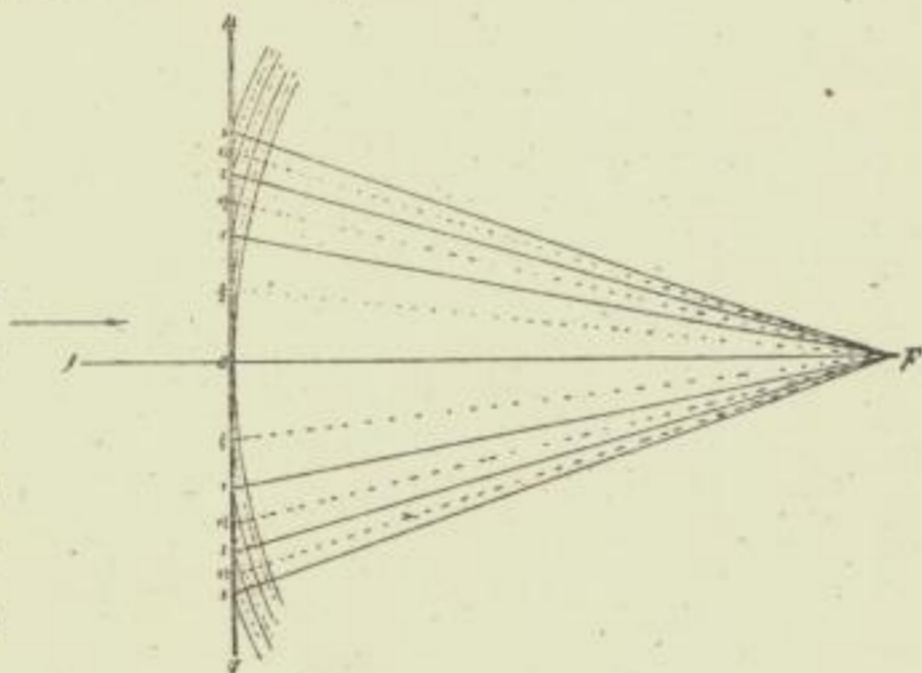


Fig. 271.

herum bilden sich in dem Medium, welches wir den Lichtäther nennen, kugelförmige Wellen. So wie die im Teiche entstehenden Wasserwellen aus je einem Wellenberge und einem darauffolgenden Wellentale bestehen, so besteht auch jede Lichtwelle aus zwei Hälften von entgegengesetzter Schwingungsphase. Wir wollen sie der Bequemlichkeit wegen auch mit Berg und Tal bezeichnen. Denken wir uns jetzt eine Glasplatte *MN* (Fig. 271). Eine weit entfernte Lichtquelle sende von links her eine Lichtwelle von ebener Oberfläche normal auf die Platte, und wir beachten den Moment, wo die Lichtbewegung die andere Grenzfläche der Glasplatte eben verläßt. In diesem Momente tritt jeder Punkt der Glasfläche als neues Erschütterungszentrum auf, welches ringsum je eine sphärische Welle erzeugt. Aber diese Wellen kommen bis zum Punkte *F* nicht zu gleicher Zeit. Während die vom Punkte *O* ausgehende Welle mit ihrem voranschreitenden Wellenberge den Punkt *F* erreicht hat, ist die von dem mit $\frac{1}{2}$ bezeichneten Punkte ausgehende Welle noch um ein kleines Wegstück, in der Figur um $\frac{1}{2}$ mm, vom

Punkte F entfernt geblieben. Wir nehmen nun an, die Figur sei in solchem vergrößerten Maßstabe gezeichnet, daß eine ganze Welle in der Länge von 1 mm erscheint. Dann beträgt die Verzögerung der vom Punkte $\frac{1}{2}$ ausgegangenen Welle gerade eine halbe Welle. Bis der von $\frac{1}{2}$ ausgegangene Wellenberg den Punkt F erreicht, ist von O aus schon das dem Wellenberge folgende Wellental nach F gekommen. Eine Strecke weiter von O weg, bei 1 , muß ein Punkt sein, dessen Welle um eine ganze Schwingung später nach F kommt, als die Welle von O aus. Von dieser trifft dann der erste Wellenberg zusammen mit dem zweiten Wellenberge von O aus. Da nun Wellenberg und Wellenberg, ebenso wie Wellental und Wellental, überhaupt gleiche Phasen, sich verstärken, dagegen entgegengesetzte Phasen sich schwächen, eventuell vernichten, so ist leicht einzusehen, daß z. B. alle zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 ausgehenden Wellen jenen zwischen 1 und $1\frac{1}{2}$ ausgehenden im Punkt F entgegenwirken, während z. B. die zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 ausgehenden Wellen durch die zwischen $1\frac{1}{2}$ und 1 ausgehenden im Punkte F verstärkt werden. Denken wir uns nun die Figur um die Achse OF rotierend, so beschreiben die Punkte $\frac{1}{2}$, 1 , $1\frac{1}{2}$ konzentrische Kreise, wodurch die ganze Fläche in eine Anzahl Zonen zerlegt wird. Alle von einer Zone dieses Ringsystems ausgehenden Wellen wirken denen der Nachbarzone im Punkte F entgegen. Die Rechnung lehrt nun, daß durch das Zusammenwirken aller Wellen, die in F , teils einander unterstützend, teils einander schwächend oder vernichtend, zusammentreffen, nichts übrig bleibt als die Wirkung der von O und dessen nächster Umgebung ausgehenden Wellen. Der Effekt ist also gerade so, als würde sich das Licht nur in normaler Richtung zur Platte in geradlinigen Strahlen fortbewegen. In der Tat wird die Lichtstärke in F nicht geändert, wenn man größere Teile der Glasplatte ganz bedeckt, solange nur O und dessen nächste Umgebung frei bleiben. Wollen wir aber erreichen, daß die Platte nicht wie eine gewöhnliche Glasplatte, sondern wie eine Linse wirke, daß also auch von der übrigen Fläche der Platte wirksame Strahlen gegen den Brennpunkt F gelangen, so müssen wir die Zonen, die zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 , $1\frac{1}{2}$ und 2 usw. liegen, ausschalten, damit sie das von den dazwischen liegenden Zonen ausgehende Licht nicht unterdrücken können; dies geschieht, indem wir sie durch Schwärzung undurchsichtig machen. Dann haben wir eben eine Sorettsche Platte hergestellt.

II. Die Woodsche Phasenumkehrzonenplatte (Phase-reversal-zoneplate).

Es muß noch ein anderes Mittel geben, um die lichtaufhebende Wirkung der ungeradzahligten Zonen auf die geradzahligten zu verhindern,

wodurch überdies der Lichtverlust durch Absorption an den undurchsichtigen Zonen der Soretschen Platte verhindert wird. Wenn es nämlich gelänge, die Phase der Schwingungen der ungeradzahligen Zonen in die entgegengesetzte zu verkehren, oder mit andern Worten, die Wellenberge der von ihnen ausgehenden Wellen in Täler zu verwandeln und die Täler in Berge, so hätte man den Zweck, den die Soretsche Platte erstrebt, viel vollkommener erreicht. Einer Anregung Lord Rayleighs folgend, hat dies Wood auf folgende sinnreiche Weise er-



Fig. 272.

Aufnahme mit Woods Zonenplatte, 5 Zoll Fokus (nach Photogr. Times 1899. S. 67).

reicht. Die Fortpflanzung des Lichtes in Gelatine ist langsamer als in Luft. Durch ein entsprechend dünnes Gelatinehäutchen, welches die alternierenden Zonen bedeckt, kann daher das Licht um eine halbe Wellenlänge verzögert und dadurch die Phase der in F ankommenden Wellen in die entgegengesetzte verkehrt werden. Wood nahm also eine wohlgereinigte ebene Glasplatte¹⁾, übergoß dieselbe mit einer schwachen Gelatinelösung und ließ letztere erstarren und trocknen. Dann badete er dieselbe in einer schwachen Lösung von doppeltchromsaurem Kali

1) Am besten eigneten sich die deutschen Silberspiegelplatten, von denen mit Alkohol der Lack und mit Salpetersäure das Silber abgelöst worden war.

und ließ sie neuerdings im Dunkeln trocknen. Es ist wichtig, daß die Platte keine Spur von Kristallisation zeige. Hierauf bedeckte er diese Platte mit einer Soretschen Platte und exponierte sie 20 bis 60 Sekunden dem direkten Sonnenlichte. Dadurch wurden die belichteten Gelatine-zonen unlöslich, während die nicht belichteten löslich blieben. Beim Waschen in kaltem und lauwarmem Wasser lösten sich die letzteren auf und ließen daselbst die unbedeckte Glasfläche zurück, während die belichteten Zonen mit Gelatine bedeckt blieben. Die Platte wird dann rasch getrocknet, damit die Konturen rein bleiben. Nach wiederholten Versuchen gelang es dem geschickten und ausdauernden Experimentator, eine Platte von der richtigen Dicke des Gelatinehäutchens herzustellen. Oberflächlich betrachtet erscheint sie durchsichtig wie eine gewöhnliche Glasplatte. Unter gewisser Beleuchtung sind aber die Ringe direkt sichtbar. Mit solchen Platten erhielt nun Wood überraschend gute Erfolge. Mit einer derselben von nur 4 mm Öffnung und 14 cm Brennweite (bezogen auf den weitest abstehenden Brennpunkt) erhielt er in einer Kamera bei einer Exposition von nur $\frac{1}{2}$ Sekunde ein zufriedenstellendes Bild einer Landschaft, wovon Fig. 272 eine, allerdings durch die Reproduktion sehr verschlechterte Kopie darstellt. Die Leistung ist bedeutend besser als bei einer Lochkamera, vor allem in bezug auf Lichtstärke. Daß die Platte keine scharfen Bilder gibt, kommt daher, daß die chromatische Aberration nicht aufgehoben sein kann. Es ist darum auch notwendig, mit Hilfe eines blauen Glases einzustellen.

Über weitere gelungene Versuche Woods, Zonenplatten mit Silberlingen herzustellen und dieselbe durch Kombination mit total reflektierenden Prismen in phasenverkehrende umzuwandeln, müssen wir auf die Originalabhandlung¹⁾ verweisen.

An eine Verdrängung der Linsen durch die Zonenplatte ist wohl nicht zu denken, da ja schon die nicht zu behebende chromatische Aberration dies unmöglich machen würde. Aber jedenfalls haben wir es bei der Zonenplatte sowohl nach Soret als nach Wood mit einem überaus interessanten optischen Experimente zu tun, welches auch als eine neue Bestätigung der Huygens'schen Theorie des Lichtes anzusehen ist.

1) Photogram 1898. S. 263.

Autoren-Register.

- | | | |
|--|---|---|
| <p>Aarland 202
 Abney 29. 39. 298
 Albert, E. 201
 Aberti 14
 Aldis 109. 111. 134
 Alhassan 13
 Archer 99. 107. 154. 194
 Arcy-Power 32. 33
 Aristoteles 13
 Aufreiter 158
 Auzoux 95. 101</p> <p>Bacon, Roger 13
 Baltin 291
 Barbaro 14
 Baron 41
 Baume-Pluvinel, de la 217.
 275. 296. 297. 300
 Bausch u. Lomb 138
 Bayard 22
 Beard 183
 Beck, C. 134
 — R. u. J., 110
 — Konrad 235. 241. 242.
 243. 246
 Belitski 248
 Bergheim 179. 180
 Berry 29
 Berthiot 76. 139. 151
 Bertsch 22. 196
 Bigelow 205.
 Blair 99
 Borlinetto 17
 Brandweiner 204
 Brasseur 205
 Breguet 217
 Bünger 138
 Burattini 99</p> | <p>Burnett 46. 225.
 Burton 46. 294
 Busch 44. 52. 95. 102. 105.
 107. 110. 134. 141. 153.
 178. 193. 210. 224. 261
 Büsch 14
 Buschbeck 35. 205</p> <p>Caesariano 14
 Calmels 190
 Cardani 14
 Cauche 187. 188
 Cauchoix 15
 Cellio 14
 Charconnet 90
 — u. Lavrance 90
 Chardonnat, de 183
 Chevalier 16. 17. 22. 41.
 42. 43. 46. 151. 152.
 187. 196
 Chrétien 192
 Claudet 16. 17. 94. 251
 Clay 235
 Clayden 192
 Clemens, Papst 13
 Clément 294
 Clerc 190
 Coblitz 118
 Colson 29
 Cornu 183. 216. 217. 230
 Cousin 249
 Cowan 215
 Cundell 16</p> <p>Daguerre 15. 16
 Dallmeyer, J. H. 23. 24.
 25. 47. 48. 49. 50. 51.
 52. 56. 73. 74. 75. 76.</p> | <p>90. 91. 92. 95. 100. 107.
 111. 112. 134. 142. 161.
 162. 179. 180
 Dallmeyer, Thomas R. 171.
 175. 216. 217. 259. 274.
 275. 276. 277
 Darlot 90. 158
 Davanne 217
 Dehors u. Deslandres 31. 33
 Delamarre 33
 Derffel 18
 Derogy 107. 154
 Deville 201
 Dietzler 20. 21. 85. 86. 96.
 Diguey 196
 Dingler 183
 Dollond 15
 Dorval 294. 295. 300
 Draper 16. 183</p> <p>Eder 13. 14. 16. 30. 31.
 44. 49. 162. 171. 226.
 248. 259. 274. 278. 296.
 298
 Emerson 29
 Ettinghausen 17. 18
 Euler 99</p> <p>Fabre 217
 Falz u. Werner 187
 Fischer 206
 Fleck 203
 Fleury-Hermagis 77
 Foucault 22
 Français 43. 90. 101. 139.
 151. 223
 Fraunhofer 23. 182. 226
 Frisius 14</p> |
|--|---|---|

- Fritsch 43. 161. 226
 Furnell 207
 Galilei 315
 Gasc u. Charconnet 90.
 100. 101
 Gifford 215
 Gleichen 113. 115. 124. 126
 Gliese 197
 Goddard 50. 51. 154
 Goerz 26. 44. 49. 71. 72.
 105. 113. 115. 116. 117.
 119. 131. 133. 134. 135.
 138. 142. 144. 218
 Goltz 105
 Graß u. Worff 76
 Grebe 201. 202. 203. 204
 Grubbe 45
 Grün, E. F. 100
 Halleur 225
 Harrison 23. 98. 100. 101
 Harting 27. 125
 Hartmann 235. 237. 240.
 241. 242
 Hartnack 68. 76. 213
 Hatton 215
 Hazura 158
 Heger 18
 Hermagis 77. 90. 101. 152
 Hoegh, v. 26. 27. 100. 274
 Holetschek 296
 Honickel 184
 Hooke 14
 Horn 17. 22. 29. 152. 154
 Hughes 153
 Husnik 189
 Huygens 315. 318
 Idzerda 196
 Jamin 90. 154. 196
 Jones, Ch. 262
 Kahlbaum, C. A. F. 186
 Kepler 315
 Keppler 15
 Kerr 197
 Kershaw 209
 Keßler 190
 Kiesling 178
 Klein 182
 Kolbe 18
 Kreutzer 17. 29. 152. 154.
 196. 206
 Krüger 16
 Krüß 249. 274
 Kühn 205
 Lacombe 158
 Lainer 215. 296
 Lambert 191
 Leaper 75
 Lehmann 197
 Leitz 115. 135
 Lenhard 205
 Lerebours 17
 Levy 201
 Lima 292
 Lippmann 253
 Littrow 18. 162
 Ludwig, Erz. 18
 Lumière 224. 253
 Mach 184. 185. 186
 Martin 18. 100. 181. 226
 — K. 249
 Matthieu 158
 Mees 253
 Melhuish 156
 Meydenbauer 192. 212
 Meyer, H. 26. 27. 77. 110.
 116. 120. 144
 Meyering 101
 Miethe 30. 68. 69. 159.
 161. 162. 169. 171. 212.
 213. 227. 274. 286
 Millet 153
 Mitschell 197
 Mittenzwei 259
 Moëssard 230. 231
 Moestlin 14
 Molteni 223
 Monckhoven 24. 25. 91.
 100. 103. 107. 272. 274
 Morin 138
 Morrison 75. 76
 Mourolycus 15
 Niepce Nicéphore 196
 Norman 197
 Noton 196
 Optische Industrie-Anstalt
 90
 — s. a. Busch
 Peltz 192
 Perken 77
 Petzval 17. 18. 19. 20. 21.
 22. 27. 28. 29. 47. 60.
 63. 84. 85. 86. 87. 89.
 90. 92. 94. 95. 96. 97.
 98. 112. 151. 154. 156.
 160. 162. 172. 196. 261.
 262
 Pfaundler 282. 308
 Pickard 215
 Pizzighelli 231. 276. 278
 Placzek 201. 221
 Plinius 13
 Plössl 162
 Pöhnert 200
 Popowitzky 185
 Porro 106. 153. 154
 Porta 14. 15
 Prasmowski 7
 Prokesch 43. 161
 Ptolomäus 13
 Quinet 152. 196
 Raleigh 32
 Rayleigh 29. 308. 317
 Reichert 116. 117. 135. 145
 Reinhold 14
 Reisinger 18
 Rietzschel 118. 135. 146
 Riggerbach 192
 Rochester Lens Co. 138
 Rodenstock 105. 118. 135.
 146. 223. 224
 Rohr, v. 131. 274
 Roß 49. 90. 98. 103. 107.
 152
 Rothwell 52
 Roussel 133
 Rudolph 25. 26. 158. 218.
 259. 277. 291
 Scheffer 274. 286
 Scheimpflug 158
 Schmidt, F. 183

- Schmidt, v. 18
 Schnauß 188. 189. 208
 Schnitzer 98
 Schott u. Gen. 69. 109. 226
 Schroeder 46. 70. 161. 229
 Schulz 76
 — Ger. 119
 — u. Billerbeck 119. 136.
 147
 Schvler 272
 Scotlari 225
 Sebert 217
 Secretan 17. 270. 272
 Seidel, v. 23
 Seneca 13
 Sichel 138
 Simon 49. 120. 136
 Smony 18
 Slater 154
 Snelling 183
 Soret 274. 308. 311. 314.
 315. 317. 318
 Spiller 29. 39
 Spitaler 162
 Staebler 120
 Staley 95
 Staudenheim 210
 Steinheil, Ad. 18. 23. 24.
 25. 26. 39. 52. 54. 55.
 56. 57. 60. 61. 63. 70.
 71. 72. 73. 74. 75. 77.
 78. 80. 104. 118. 120.
 122. 124. 128. 136. 139.
 140. 147. 159. 162. 188.
 189. 190. 217. 219. 223
 Steinheil, Ed. 23
 — R. 24. 26. 35. 82. 83.
 86. 159. 162. 176. 189.
 226. 247. 263. 268. 305
 Stokes 183
 Stolze 158. 188. 191. 193.
 198. 207. 211. 212. 215.
 216. 230
 Strehl 27
 Stuart 46
 Suter 43. 44. 70. 90. 123.
 136. 139. 148. 151. 223.
 268
 Sutton 52. 98. 107. 154.
 198. 207. 208
 Swift 95
 Talbot 76
 — Romain 188
 Taylor 26. 27
 — H. Dennis 123. 125
 —, Taylor u. Hobson 123.
 125. 136. 224
 — Traill 158. 161
 Thomas 158
 Thompson, W. P. 133
 — Sylvanus 172
 Thomson 196
 Townson 16
 Tschörner 202
 Turner-Reich 133
 Turati 201
 Valicourt 188
 Vautier-Dufour 181
 Vega 180
 Verfasser 203
 Vidal 29. 217
 Vinci, Leonardo da 14
 Vogel, H. W. 298
 Voigtländer 18. 19. 20. 21.
 22. 25. 26. 45. 61. 63.
 70. 71. 75. 84. 85. 86.
 87. 90. 91. 92. 94. 96.
 97. 98. 104. 124. 125. 127.
 136. 137. 148. 195. 196
 Voit 39
 Wadsworth 253
 Waechter 76
 Wagner, A. 31
 Wallon 218
 Warnerke 172. 297
 Waterhouse 13. 194
 Watkins 32
 Watson u. Sons 133
 Wolf, M. 184
 Wollaston 15. 215
 Wood 308. 316. 317. 318
 Wray 76
 Zahn 14
 Zantedeschi 17
 Zeiss 26. 107. 108. 120.
 128. 130. 137. 150. 157.
 158. 200. 203. 204. 205.
 217. 218. 262
 Zenger 183. 184
 Zentmeyer 104
 Zschokke 188

Sach-Register.

- Aberration, chromatische s. Farben-
 fehler
 —, sphärische s. Kugelgestaltsfehler
 Abweichung = Aberration s. Farbenfehler,
 Fokusdifferenz
 Achromatische Linsen als Objektive 39
 Achse, optische 4. 228
 Adon-Teleobjektiv 178
 Aldis-Lens 109
 Alethar 115
 Anamorphe 192
 Anamorphotische Objektive 157
 Anastigmat 69. 109
 Anastigmat von Aldis 109
 — — Bausch u. Lomb 138
 — — Beck 110
 — — Bünger 138
 — — Busch 110. 111
 — — Dallmeyer 111. 112
 — — Goerz 113. 114. 115
 — — von Hartnack 69
 — — Leitz 115
 — — H. Meyer 116
 — — Miethe 69
 — — Morin 138
 — — Reichert 116. 117
 — — Rietzschel 118
 — — Rochester Lens Co 138
 — — Rodenstock 118. 119
 — — Roussel 133
 — — Schulze 119
 — — — u. Billerbeck 119
 — — Sichel 138
 — — Simon 120
 — — Staebble 120
 — — Steinheil 120. 121. 122
 — — Suter 123
 Anastigmat von Taylor, Taylor u. Hobson
 123
 — — Thompson 133
 — — Voigtländer u. Sohn, A. G. 124. 125.
 126. 127
 — — Watson u. sons 133
 — — Zeiss 128. 129. 130. 131. 132. 133
 Antiplanet 25. 78
 —, Geschichte 25
 —, Gruppen- 78. 79
 —, Porträt- 82
 —, Rapid- 82. 83
 Antispectroscopique - Anastigmat 133
 Aplanat, anastigmatischer, von Miethe 69
 — — — Schroeder 70
 — Erfindungsgeschichte 24. 52
 — Gruppen-, 61
 — Landschafts-, 57
 — Porträt-, 60
 — Steinheils 52. 53. 54. 55. 56. 57
 — Suters 70
 — Universal- 57
 — — -, von Goerz s. Lynkeioskop
 — Weitwinkel-, für Landschaften 58
 — — -, — Reproduktionen 58
 Aplanatische Linsensysteme 73
 Aplanatismus 237
 Apochromat-Collinear 124
 Apochromate von Voigtländer 124
 — — Zeiss 108
 Apparate zur Objektivprüfung s. d.
 Architekturaufnahmen, Objektive für 290
 Aristoplan 77
 Aristoplanat 77
 Aristostigmat 116
 — Geschichte 26
 Astigmatation f. Astigmatismus

- Astigmatismus 10. 11. 25. 237. 252. 257
 Auflösungsvermögen photographischer
 Trockenplatten 253
 Aufstelltdistanz bei Momentaufnahmen 305.
 306. 307
 Augenlinse 101
 Autograph lens 73
 Auto-Kollimation 236
 Autotypieblenden 198 — 204
 —, sich automatisch öffnende 204
- Bajonettverschluß** bei Objektiven 223
Band-Linsen 46
Bank, optische s. Apparate zur Objektiv-
 prüfung
Barytaplanat 76
Befestigung des Objektivs am Ring und
 Objektivbrett 222. 223. 224
Beleuchtung des Aufnahmegegenstandes,
 Einfluß auf Expositionszeit 294
Belichtungstabellen s. Expositionstabellen
Belichtungszeit 246. 292
 —, Abhängigkeit von den Blenden 248
 —, Berechnung für Gegenstände in Ruhe
 und Bewegung 88. 292 — 305
 —, relative 246. 248
Beugung des Lichtes durch kleine Blenden
 194
Beugungsgitter 310
Bewegungsbilder 300 — 307
Bilddurchmesser und Gesichtsfeld 263.
 264. 265
Bildfeld 233. 263
 — Helligkeit desselben 234
Bildgröße 266. 267
Bildkrümmung 11. 236. 258
Bildschärfe bei Objektiven 252. 253.
 254
Bildweite 5
 — s. a. Vereinigungsweite
Bildwinkel 227. 263
Bildwölbung 11. 236. 258
Biperiskop 105
Bis-Telar 178. 179
Bistigmat 105
Blenden, Bezeichnung 213
 —, Dämpfungs- 201. 202.
 — der Objektivs 15. 193
- Blenden,** Einfluß auf Bildschärfe und Licht-
 verteilung 193
 —, Einfluß auf die Belichtungszeit 248
 —, Entfernung während der Exposition
 205
 —, Form- 198. 199
 —, Form und Konstruktion 194
 —, Iris- 195. 196
 — -koeffizient 247
 —, Koinzidenz- 203
 —, Licht- 206. 207
 —, Monocular- 199
 — —, Dimension 199
 — Normal 214. 215
 — Nummerierung, Überführung von einem
 System' in ein anderes 221
 —, Revolver- 195
 —, Rotations- 195. 196
 —, Steck- 194
 — -steller 204
 —, Stern- s. d.
 — -Systeme 213
 —, mit Bezug auf relative Helligkeit und
 Belichtungszeit 213
 —, verschieden geformte, für gewöhn-
 liche photographische Zwecke 196.
 197. 198
 —, Wolken- 198. 206. 207. 208. 209. 210
 — zur Autotypie 198. 204
 —, drehbare 200. 201
 — zur Herstellung geringer Unschärfe 205
 — — — von Korn-Halbtönen mittels
 Linienraster 203
Brennebene 228
Brennpunkt 5. 16. 228
Brennweite 5
 — für verschiedene Farben 239. 246
 —, wahre 229
Brennweitebestimmung 228. 236. 239
 — durch Ausmessen der Bildgrößen bei
 verschiedener Einstellung 230
 — durch Bestimmung der Hauptebene 243
 — durch Einstellung auf Unendlich und
 gleiche Größe 228. 229. 244
 —, gleiche Größe und Division durch
 vier 230
 —, Vergrößerung 243
 — nach Cornu 230
 — — Moëssard 230

- Camera obscura, Erfindungsgeschichte 13
 Celor 113
 Choroplast 120
 Choroskop 44
 Chromatische Abweichung s. Fokussdifferenz
 Collinear 124
 —, Geschichte 26
 Cooke-Lens 123
- Dagor** 113
 Daguerreotypkamera 15
 Dämpfungs-Blenden s. d.
 — -Scheiben 205
 Deutlichkeit des Bildes 252
 Diaphragmen s. Blenden
 Differenz, astigmatische 11. 258
 Dimension der Monocular-Autotypieblende 199
 Dispersionsscheibe 205
 Distorsion 12. 233. 240. 259. 260
 — s. a. Verzerrung, Verzeichnung
 Doppelanastigmat s. Anastigmat
 —, Geschichte 26
 — von Goerz s. Anastigmat
 — von Suter 123
 Doppelobjektiv, Einführung 17
 — von Chevalier 22
 — — Roß 103
 Doppelprotar 130
 Drehblende s. Rotations-, Revolverblende
 Dynar 27. 125. 126. 127
- Eidoskop** 77
 Einfache Landschaftslinse von Busch 44
 — — — Chevalier 16. 41. 42. 43
 — — — Francais 43
 — — — Fritsch 48
 — — — Goerz 44
 — — — Grubb 45
 — — — Schroeder u. Stuart 46
 — — — Scovill 46
 — — — Suter 43
 — — — Voigtländer 45
 — Linse als photographisches Objektiv 34. 35. 39
 Einfallshöhe des Strahls 4
 Einheit für Blenden 213. 214. 215
 Einstelltdistanz, Berechnung der günstigsten 283. 284. 285
- Einstellskala für Handkamas 286
 Euryplan 119
 Euryscope rectilinéaire 73
 Euryskop, Geschichte des Voigtländer-
 schen 25
 —, Porträt- 63. 64
 —, Reproduktions- 67
 — Weitwinkel- 65. 66
 Expositionsmesser 299
 Expositionstabellen 295. 299. 300. 303. 305
 Expositionszeit s. Belichtungszeit
 —, Berechnung der 296
- Falsches Licht** in Objektiven 260. 261. 262
 Farbe, Einfluß auf die Belichtungszeit 294
 Farbenfehler 7. 21. 249. 250. 251
 Farbenvergrößerungsfehler 9
 Farbige Gläser für Objektivgläser 225
 Fernobjektiv s. Teleobjektiv
 Fernphotographie 158
 Fernrohr bei der Telephotographie 158
 Fernrohr, photographisches 159
 Flache Linsenseite, Richtung zur Visier-
 scheibe 46
 Fleck, heller s. Lichtfleck
 Flüssigkeitslinse von Meyering 100
 Flüssigkeitslinsen 98. 99. 100
 Fluid-lens von E. F. Grün 100
 Focimeter 251
 Fokus, chemischer 16. 250
 — -Differenz 16. 21. 249. 250. 251. 252
 — -Differenztafel für Monokellinsen 35. 36. 37. 39
 — -Diffusion 277
 — optischer 16. 250
 — -Tiefe s. Tiefe
- Gebäudeaufnahmen** 288
 Gelbscheibefassung 224
 Geschichte der Camera obscura 13
 — der Objektive 13
 Geschwindigkeit der Bewegung verschie-
 dener Gegenstände 301
 Gesichtsfeld 245. 262. 263
 — -Winkel 263
 Gitterblenden 205
 Glas, Einfluß bei Objektiven 225. 226. 227

- Glas, farbiges bei Objektiven 225
 —, Jenenser 25. 26
 —, Polierung 226
 Globe Lens 73. 100. 101
 Grossar-lens 77
 Größe des Gegenstandes im Bilde, im Zusammenhange mit Entfernung und Brennweite des Objektivs 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274
 — — — in bezug auf Expositionszeit 293
 —, relative der Objektive 248
 Gruppenantiplanet, -Aplanat s. Antiplanet usw.
 Gruppenaufnahmen, Objektive für 290
- H**andkamas mit fixer Einstellung, Tiefe der Schärfe 275. 276
 Haupt-Brennfläche 233
 — -Brennweite 228. 231. 232
 — -Punkt 5. 228. 231. 232. 235. 244
 — -Strahlen 12. 228
 Heliar 27. 125
 Helligkeit der Objektive 214. 248
 — des Bildes 210. 234. 248
 — normale 214
 — relative 246. 248
 Hinterlinse der Doppelobjektive als einfache Linse 47
 Holostigmat 133
 Hypergon-Doppelanastigmat 105
- I**magonal 118
 Interferenz 311
 Interieuraufnahmen mittels großer Spiegel 191
 —, Objektive für 290
 Irisblende 98. 195. 196
 Isostigmat 110
- K**ittschichte, Lichtverlust durch die — bei Objektiven 27
 Klemmfassungen für Gelbscheiben 224
 Knotenpunkt s. Hauptpunkt
 Koma 11
 Kombinar 116
 —, Neu- 117
 Kombinierte Objektivsätze s. d.
 — Porträt- und Landschaftsobjektive s. d.
- Kompensatoren:
 —, gefärbte Gläser als 212
 —, Rauchgläser als 212
 Korngröße photographischer Schichten 253
 Kugelgestaltsfehler 8. 237. 254
 Kugellinse 23. 100
 Kugelobjektiv von Auzoux 101
 — — Français 101
 — — Gasc u. Charcounet 101
 — — Harrison 100. 101
 — — Hermagis 101
- L**amprodynast 76
 Landschafts-Aplanate s. d.
 — -Linse, einfache s. einfache Linse
 —, dreifach verkittete, von Dallmeyer 47. 48
 —, — — — Goerz 49
 —, — — — Roß 49
 —, — — — Simon 49
 —, long focus, von Dallmeyer 49
 —, Rectilinear-, von Dallmeyer 50
 — -Linsensatz 140. 141
 — -Objektive 291
 Lentiforme de l'oeil 101
 Leukograph 76
 Licht, variables, bei Aufnahmen im Freien 294
 —, falsches s. Lichtfleck
 Lichtblende bei Objektiven 206. 207
 Lichtfleck im Bilde 260. 261. 262
 Lichtintensität, Abnahme nach den Rändern des Bildfeldes und Abhilfe 210 bis 213
 Lichtkraft der Objektive s. Helligkeit
 Lichtstärke der Objektive s. Helligkeit
 Lichtverlust beim Durchgang durch Objektive und Reflexion von Spiegeln 191. 249
 Linear-Anastigmat 118
 Lineoplast 120
 Linse, einfache als Objektiv 34
 — —, achromatische 39
 — —, nicht achromatische 34. 35
 Linsenersatz durch Zonenplatten s. d.
 Linsenfehler 7
 Linsenformen 3. 40
 Lochkamera 1. 2. 28
 —, Expositionszeiten bei der 31

- Lochkamera, günstigste Öffnungen der 30
 —, Maximum der Schärfe bei der 29
 —, Zerstreuungslinse in der 33
 Lochkamera-Objektiv Sténopé 31
 Lochobjektiv 28. 29. 31. 32
 Lynkeioskope 71. 72
 —, Detektiv- 72
 —, Extra-Rapid- 71
 —, Rapid- 71
 —, Rapid-Weitwinkel- 71
 —, Weitwinkel- 72
 —, Weitwinkel-Reproduktions- 72
- Medium, optisches 3
 Meniskus als Objektiv 15. 39
 Mittelpunkt, optischer 228
 Momentobjektive 291
 Momentphotographie, Bestimmung der Belichtungszeit 300—307
 Monokellinse als Objektiv 35. 38
 —, Fokusdifferenztafel für 35. 36. 37. 39
 Multiple stops 203
- Negative, umgekehrte s. Umkehrung
 Neu-Kombinar 117
 Normalblenden 214. 215
 Normal-Objektivbretter 222
 — -Ringe 222
 — -Platten und deren Diagonale 266
- Objectif aplanétique Orthopanactinique 73
 — megagraphique 181
 — panoramique von Prasmowski 76
 — perigraphique 76
 Objective Globe s. Kugelobjektiv
 Objektabstand zu Bildabstand bei gegebenem Größenverhältnis zwischen Objekt und Bild für die Brennweite 6. 267
 Objektiv, Stellung des — an der Kamera 286
 —, Zweck und Wirkungsweise des 2. 3
 Objektivbretter 222
 Objektive, photographische:
 —, Einfluß auf Belichtungszeit 248. 292
 —, Lichtstärke s. Helligkeit
- Objektive, Öffnung, wirksame 240. 244. 246. 247
 —, relative Größe 248
 —, richtige und falsche perspektivische Zeichnung durch 286
 —, Tiefe der Schärfe des Bildes 274
 —, Wahl und Prüfung 225. 288
 Objektivprüfung 225. 227 u. ff.
 — nach Beck 241
 — — Clay 235
 — — Hartmann 237
 Objektivring, irisblendenartiger 224
 — mit Bajonettverschluß 223
 Objektivringe 222
 Objektivsätze, anastigmatische:
 — — von Busch 141
 — — — Dallmeyer 142
 — — — Goerz 142. 143
 — — — H. Meyer 144
 — — — Reichert 145
 — — — Rietzschel 146
 — — — Rodenstock 146
 — — — Schulze u. Billerbeck 147
 — — — Steinheil 147
 — — — Suter 148
 — — — Voigtländer 148. 149
 — — — Zeiss 150
 —, aplanatische 139. 140. 151
 — — von Berthiot 151
 — — — Français 151
 — — — Suter 151
 — — — Steinheil 140. 141
 —, kombinierte 139
 — -Schnellfassung 223
 Objektweite 5
 Octanar 120
 Öffnung eines Objektives, zulässige 255
 —, relative 248
 —, wirksame 240. 244. 246. 247
 Omnar 110
 Optik, Einleitung in die photographische 1
 Optische Achse s. d.
 Orthograph 76
 Ortholinear 105
 Orthoskop 19. 21. 96. 97
 — -Aplanat 76
 Orthostigmat, Geschichte 26
 —, 120. 121. 122
 Oxyn 27. 127

- Panoramalinse von Sutton 98
 Pantar 114
 Pantogonal 119
 Pantoplan 138
 Pantoskop von Busch 102. 103
 — — Hartnack 68
 Paragon-Porträt-Objektiv 95
 Paraplanate von Goerz 71. 72
 Perigraph 76
 Periskop 104
 Periskopische Linsen als Monokelobjektive 39
 Periskopisches Objektiv von Wollaston 15
 Perspektive, falsche und richtige, durch Objektiv 265. 286
 Phase-reversal-zoneplate 316
 Phasenumkehrplatte als Linsenersatz 308. 316. 317. 318
 Photographie auf weite Entfernungen s. Telephotographie
 Photonoblende 210
 Planar 131. 132
 —, Geschichte 26
 Planastigmat 138
 — -Portrait lens 95
 Plastigmat 138
 Plattenformate, welche ein Objektiv deckt 266. 267
 Platystigmat 76
 Polyplast 120
 Porträt-Aplanate 60
 — -Atelierlänge 289
 — -Euryskop 63
 Porträtobjektive:
 — von Auzoux 95
 — — Busch 90. 95
 — — Charconnet u. Lavrance 90
 — — Chevalier 22
 — — Daguerre 16
 — — Dallmeyer 90. 92
 — — Dallmeyer-Bergheim 180
 — — Darlot 90
 — — Français 90
 — — Hermagis 90
 — — Jamin 90
 — — Petzval 18. 84. 85. 90
 — — Roß 90
 — — Staley 95
 — — Suter 90
 Porträtobjektive:
 — von Swift 95
 — — Voigtländer 19. 86. 87. 91. 94
 Porträt- und Landschaftsobjektive, kombinierte 151
 — — — von Archer 154
 — — — — Busch 153
 — — — — Derogy 154
 — — — — Hermagis 152
 — — — — Hughes 153
 — — — — Jamin 154
 — — — — Melhuish 156
 — — — — Millet 153
 — — — — Porro 153. 154
 — — — — Roß 152
 — — — — Slater 155
 — — — — Sutton 154
 Prismen zwischen den Objektivlinsen 91
 — zur Umkehrung des Bildes 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192
 Protar 128. 129. 130
 — -linsen 130. 131
 — -satz 150
 Rapid-Antiplanet 82. 83
 — -Aplanat s. d.
 — -Paraplanat 72. 73
 — -rectilinear-Portrait-lens 75
 — -Rektilinear von Dallmeyer 75
 — Symetrical lens 75
 Rasterphotographie, Blenden zur, s. Autotypieblenden
 Ratio-lens 76
 Rauchglas als Kompensator 210. 212
 Rectiscop 73
 Reflexbilder bei Objektiven 260. 261. 262
 Reinigen der Objektive 226
 Rektilinear(-Aplanate) 73
 —, einfacher Landschafts- 50. 51
 Rektiplanat s. Lynkeioskop
 Reproduktionsobjektive 290
 —, Anastigmat s. d.
 —, Aplanate 58
 —, Euryskope 67
 —, Lynkeioskop 72
 Revolverblende s. d.
 Rotationsblende s. d.
 Royal-Anastigmat 138

- Schärfe, allgemeine Anforderungen 252
 — des Bildes bei Linsen 253
 —, Einfluß der Blende 193
 —, Verteilung der 253. 254. 275
 Scheitel der Linse 4
 Schlierenapparat 184. 185
 Schnellarbeiter 84
 Silberspiegel 183. 186
 Sinusbedingung, Fehler gegen die 9
 Solar 117
 Sphärische Abweichung 8. 237. 254
 Sphäriskop 76
 Spiegel für verzerrte Bilder s. Anamorphe
 — in der Telephotographie s. Telephoto-
 graphie
 —, schwarze, zur Wolkenphotographie 192
 — zur Bildumkehrung 186. 187
 — — — aus Magnalium 186
 Spiegelfernrohre zur Astrophotographie 184
 Spiegelkamera ohne Objektiv 185
 Spiegelobjektive 182. 183
 Sternblenden 103. 198. 210. 212
 — zur Ausgleichung der Bildhelligkeit
 210. 212
 Stigmat 111
 Stigmatic-Lens 111. 112
 Summar 115
 Symmetrical lens 75
 Symmetrische Objektive s. Aplanat, Ana-
 stigmat
 Syntor 113
 —, Geschichte 26

 Teleobjektiv Adon 178
 — Bis-Telar 178. 179
 — von Dallmeyer 161. 171. 175. 178
 — — Dallmeyer-Bergheim 179
 — — Fritsch 161
 — — Miethe 159. 169
 — — von Steinheil 162. 176
 Teleobjektive 158
 — in der Projektion 181
 Telephot 180
 Telephotographie 139. 158
 Teleskopische Photographie s. Telephot
 Telezwischenwand 178
 Tessar, 132. 133
 —, Geschichte 26
 Tetranar 120

 Tiefe der Schärfe des Bildes 274. 275
 — — — bei Handkameras mit fixer Ein-
 stellung 276—286
 — des Fokus 275. 276
 Tourniquet von Moëssard 230. 231
 Transmissionskoeffizient 249
 Triplet-Objektive 26. 151
 — von Archer 107. 154
 — — Busch 107. 153
 — — Dallmeyer 107
 — — Derogy 107. 154
 — — Porro 106. 153. 154
 — — Roß 107. 152
 — — Sutton 107. 154
 — — Taylor 26
 — — Zeiss 107. 108
 — s. a. Porträt- und Landschaftsobjektive,
 kombinierte
 Triumph-Euryskop-Anastigmat 76
 Trousses aplanétiques rapides 151
 — d'objectifs 151
 Turner-Reich-Anastigmat 133

 Umkehrung des Bildes 186—191
 Umkehrungsprisma 186. 187. 188. 189.
 190. 191
 —, richtige Größe der 191
 Umkehrungsspiegel 186. 187. 191.
 Unar 132
 —, Geschichte 26
 Universal-Aplanat 55
 Universalobjektiv 151. 152. 153
 Universal-Symmetrikalobjektiv 76
 Unofocal 122
 —, Geschichte 26
 Unschärfe 253

 Vereinigungsweite 5
 — der farbigen Lichtstrahlen 250
 Vergrößerung und Objektivabstand 13
 Verkittete und unverkittete Objektive s.
 26. 27
 Verzeichnung 9. 12. 259. 260
 — s. a. Distorsion
 Verzerrung bei einfachen Linsen 259. 264
 — des Bildes 9. 12. 259
 — durch falsche Stellung der Kamera
 286. 287. 288
 — — spezielle Objektive s. Anamorpho-
 tische Objektive

- Verzerrung durch übertriebene Perspektive
286. 287. 288
- Vignettieren der Objektive 210
- Visierscheibe, richtige Stellung der 286.
287. 288
- Wahl der Objektive 225. 288
- Waterbury-Linsen 46
- Weitwinkel-Aplanate 58
- -Euryskope 65. 66'
- -Landschaftslinse 47
- —, dreifach verkittete von Dallmeyer 47
- Weitwinkel-Linse von Morrison 76
- — — Zentmeyer 104
- —, Abnahme der Helligkeit 212
- -Rektilinear 73. 74. 75
- Wölbung des Bildfeldes 207. 256
- Wolkenblende 198. 206—210
- Zentrieren der Linsen 227
- Zonen der Linsen s. Zwischenfehler
- Zonenplatte von Soret 308—316
- — Wood 308. 316. 317. 318
- Zwischenfehler der Linsen 235. 255

SLUB DRESDEN



3 0453529