

Über die Lage und die Grösse der photographischen Bilder

Autor(en): **Scheffler-Schoenenberg, Hugo**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Revue suisse de photographie**

Band (Jahr): **14 (1902)**

PDF erstellt am: **21.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-527085>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Über die Lage und die Grösse der photographischen Bilder

von Hugo SCHEFFLER-SCHÖNENBERG.

Die Güte und Anwendbarkeit der photographischen Objektive ist wesentlich bedingt durch die zweckmässige Wahl der Linsenkrümmungen, Linsendicken, Luftabstände und Glassorten. Immerhin haben die hiermit hinielenden Rechnungen nur den Zweck, Abweichungen zu beheben, welche sich durch die Notwendigkeit ergeben, weitgeöffnete Lichtbündel und sehr schief gegen die optische Achse einfallende Lichtstrahlen zu verwenden. Die ersten führen zur Konstruktion der lichtstarken Objektive, die letzten zu den Weitwinkeln. Beschränkt man sich aber auf die Abbildung von Achsenpunkten und von Punkten von unmittelbarer Achsennähe und lässt man als abbildende Strahlen nur solche zu, die mit der Achse sehr geringe Winkel bilden oder praktisch gesprochen: hat man Objekte, welche unter sehr geringem Gesichtswinkel vom Objektiv aus erscheinen und blendet man die Lichtstrahlen durch eine Zentralblende bzw. durch die Linsenränder selbst sehr stark ab, dann wird durch *jede beliebige* Zusammenstellung von Linsen, deren Krümmungsmittelpunkte

auf derselben Geraden, der optischen Achse, sich befinden, eine scharfe, eindeutige Abbildung bewirkt. Das Nähere wird den Gegenstand dieses Aufsatzes bilden; es möge von vorn herein nochmals betont werden, dass die Aufhebung der angegebenen Einschränkungen, welche in den praktisch verwertbaren Objektiven notwendig wird, nichts an den Ergebnissen ändert, welche wir hier finden werden, soweit die Lage und die Grösse der Bilder in Frage kommt. Daher hat die Betrachtung, welcher wir folgen wollen, nicht nur ein theoretisches, sondern ein hervorragendes praktisches Interesse.

Wie Gauss in seinen „Dieptrischen Untersuchungen“ gezeigt hat, werden bei unseren Einschränkungen, alle von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahlen nach den Brechungen an den einzelnen Linsenflächen immer wieder in einem Punkt vereinigt und somit der gesamte Objektraum eindeutig in dem Bildraum abgebildet, so dass jedem Objektpunkte ein und nur ein Bildpunkt entspricht. Um zu einem beliebigen Objektpunkte den Bildpunkt zu finden, ist nicht die Kenntnis aller einzelnen brechenden Flächen und aller Glasarten, aus welchen die Linsen bestehen, ebenso wenig die Kenntnis aller Linsendicken und Luftabstände nötig, sondern die ganze Wirkungsweise lässt sich angeben, wenn vier Elemente feststehen. Sie schrumpfen in unserem Falle sogar zu drei Elementen zusammen, weil beim photographischen Objektiv die Lichtstrahlen aus der Luft herkommen und nach Durchsetzung des Apparats wieder in die Luft austreten. Allerdings würde die rechnerische Ermittlung der Lage dieser Elemente die Kenntnis sämtlicher Einzeldaten voraussetzen, aber sie lassen sich auch durch praktische Messungen auffinden, die für den praktischen Photographen sich noch zu einem bequemen, später näher anzugebenden Verfahren noch vereinfachen lassen.

Jedes zentrierte Linsensystem besitzt zwei Ebenen H_1 und H_2 , die senkrecht zur optischen Achse stehen, die beiden Hauptebenen, welche sich folgendermassen entsprechen! Betrachtet man einen Punkt von H_1 als Objektpunkt, so liegt der zugehörige Bildpunkt in H_2 gleichweit von der Achse entfernt. Objektpunkt und Bildpunkt liegen ausserdem stets — nicht nur in diesem Falle — in derselben durch die optische Achse gelegten Ebene, so dass die Konstruktion immer in dieser ebenen Schnitte ausgeführt werden kann.

Dem Objektpunkte X in H_1 entspricht daher der Bildpunkt X_2 in H_2 (Fig. 1); H_1 und H_2 sind die ersten beiden Elemente, welche nach ihrer Lage bekannt sein müssen. Ausserdem ist noch nötig die Kenntnis des Bildpunktes, zu welchem die parallel zur Achse ins Objektiv eintretenden Lichtstrahlen vereinigt werden. Dieser Punkt auf der Achse heisst der zweite Brennpunkt und wird mit F_2 bezeichnet: Er entspricht als Bildpunkt dem unendlich fernen Objektpunkte auf der Achse. In dem Falle, welchen das photographische Objektiv darstellt, liegt F_2 stets — im Sinne der Lichtbewegung gerechnet — hinter H_2 .

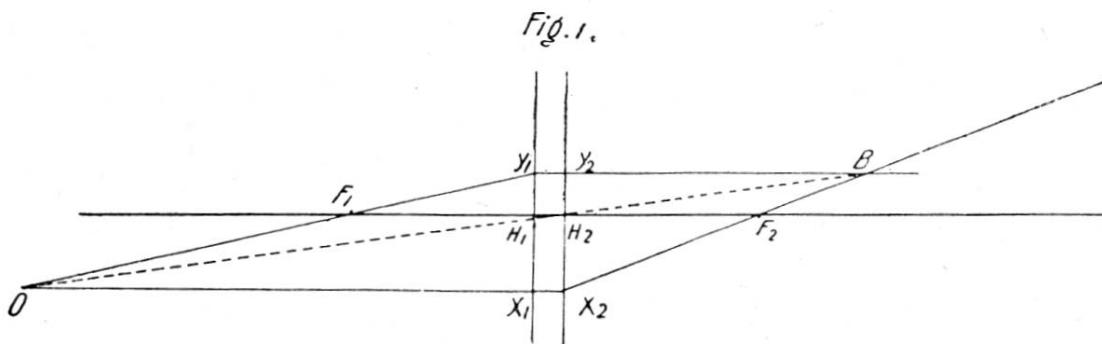
Die Bekanntschaft mit der Lage der drei Elemente H_1 , H_2 und F_2 genügt in unserem Falle vollständig, um zu jedem Objektpunkte den zugehörigen Bildpunkt aufzusuchen. Es existiert nämlich noch ein zweiter Punkt F_1 , der erste Brennpunkt, welcher ebenso weit vor H_1 als F_2 hinter H_2 liegt. Seine Lage ist also aus H_1 , H_2 und F_2 von selbst gegeben und seine Bedeutung ist gewissermassen die entgegengesetzte von der Bedeutung des zweiten Brennpunktes: alle Lichtstrahlen, welche durch F_1 ins Objektiv eintreten, verlassen es parallel zur optischen Achse. Wir haben demnach die folgende Konstruktion des Bildpunktes zu einem gegebenen Objektpunkte (Fig. 1): Wir ziehen von O eine Linie parallel zur Achse, welche H_1 in X_1 , H_2 in X_2 schnei-



APRÈS LA PLUIE

Phot. Ph. et E. Link, Zurich.

det und ziehen X_2F_2 . Ausserdem ziehen wir OF_1Y_1 und parallel zur Achse Y_1Y_2 . Der Schnittpunkt von X_2F_2 und Y_1Y_2 , der Punkt B, ist der gesuchte Bildpunkt, wie sich aus dem Vorangehenden sofort ergibt. Dem parallel zur Achse eintretenden Strahl entspricht ein durch F_2 austretender und weil er H_1 in X_1 schneidet, muss der austretende H_2 in X_2 treffen. Für den zweiten Strahl, welchen wir von O ausgehend uns vorstellen, ist ebenso leicht zu zeigen, dass Y_1Y_2 der austretende Strahl ist. Da nun auf X grund der Gaussischen Untersuchungen *alle* von einem Objektpunkte ausgehenden Lichtstrahlen sich in einem Bildpunkte vereinigen, so muss B dieser Punkt sein.



Die Punkte H_1 und H_2 , in welchen die Hauptebenen die optische Achse schneiden, haben in unserem Falle noch eine andere Bedeutung, welche wir erkennen, wenn wir die Linien OH_1 und BH_2 ziehen, die sich als Strahlen offenbar entsprechen, da H_1 und H_2 entsprechende Achsenpunkte sind. Es verhält sich

$$F_1 H_1 : OX_1 = Y_1 H_1 : Y_1 X_1 \text{ und}$$

$$F_2 H_2 : BY_2 = X_2 H_2 : X_2 Y_2.$$

Die erste Proportion ergibt die Produktengleichung:

$$F_1 H_1 \times Y_1 X_1 = OX_1 \times Y_1 H_1; \text{ die zweite:}$$

$$F_2 H_2 \times X_2 Y_2 = BY_2 \times X_2 H_2.$$

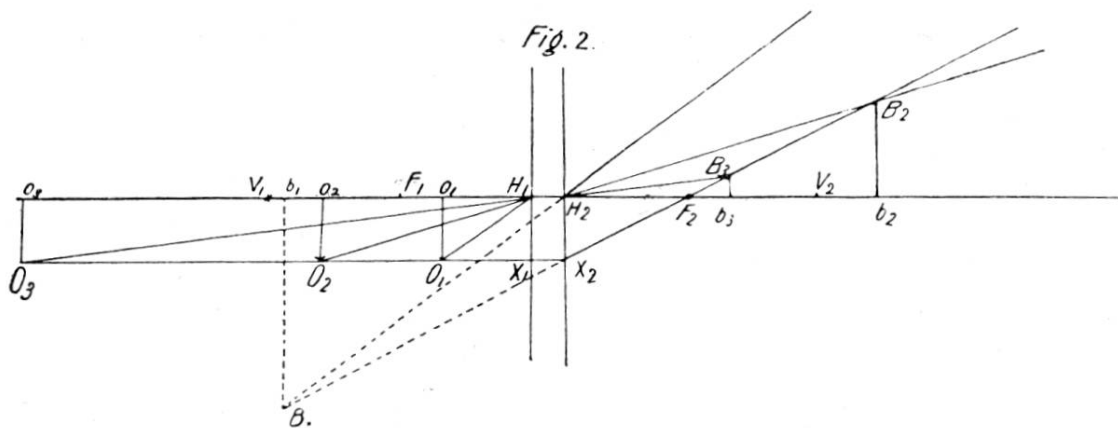
Da nun aber $F_1 H_1 = F_2 H_2$ und $Y_1 X_1 = Y_2 X_2$ ist, so ist daher $OX_1 \times Y_1 H_1 = BY_2 \times X_2 H_2$ oder als Proportion

geschrieben $OX_1 : X_2 H_2 = BY_2 : Y_1 H_1$. Nach Einsetzung der gleichgrossen Strecken ergibt sich hieraus :

$OX_1 : X_1 H_1 = BY_2 : Y_2 H_2$, ferner die Aehnlichkeit der Dreiecke $OX_1 H_1$ und $BY_2 H_2$ und schliesslich die Parallelität der Linien OH_1 und BH_2 .

Optisch gesprochen heisst dies: dem eintretenden Strahle OH_1 entspricht der parallele Austrittsstrahl durch den Punkt H_2 . Man kann daher für die Konstruktion des Bildpunktes B , welcher dem Objektpunkte O entspricht, auch die Strahlen OH_1 und BH_2 bequem mit heranziehen.

Betrachten wir jetzt die Aenderung der Lage des Bildpunktes, wenn der Objektpunkt O seine Lage ändert (Fig. 2).

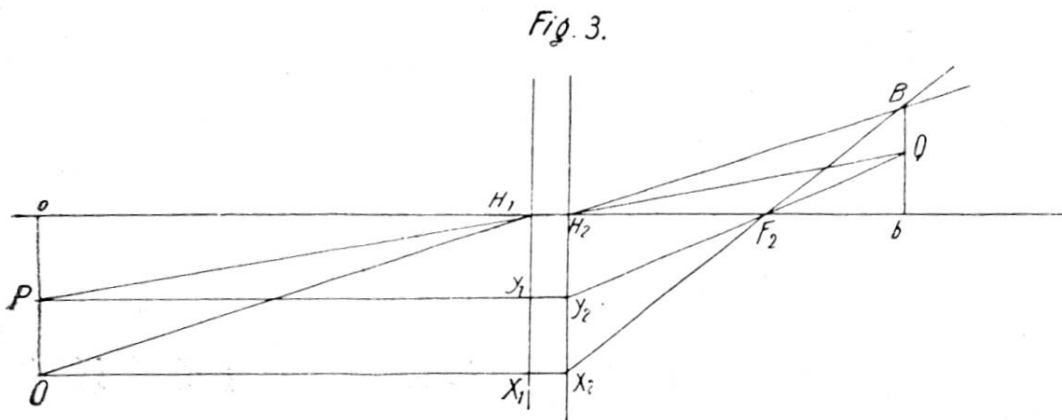


Wir betrachten drei Objektpunkte O_1, O_2, O_3 , welche auf demselben zur Achse parallelen Strahl so liegen, dass ihre Projektion auf die Achse: 1) innerhalb der Strecke $H_1 F_1$, 2) zwischen F_1 und V_1 , wobei $F_1 V_1 = F_1 H_1$ ist, endlich 3) ausserhalb V_1 liegt. Die zugehörigen Bildpunkte liegen dann auf dem Strahle $X_2 F_2$. Wie man mit Benutzung der Strahlen OH am einfachsten sieht, haben die Bildpunkte die in Fig. 2 durch B_1, B_2 und B_3 gekennzeichnete Lage.

Wir sehen, dass sich die von O_1 aus ins Objektiv tretenden Lichtstrahlen nach dem Austritte nicht schneiden, sondern auseinandergehen, dass dagegen die von O_2 und O_3 her eintretenden Strahlen nach dem Austritte Schnittpunkte liefern, die Projektion von B_2 auf der Achse liegt dabei aus-

serhalb V_2 , dem V_1 entsprechenden Punkte hinter dem Objektiv, die Projektion von B_3 liegt zwischen F_2 und V_2 .

Die Deutung wird übersichtlicher, wenn wir an Stelle der Objektpunkte O die zur Achse senkrechten Objektlinien Oo ins Auge fassen. Den Objektlinien Oo entsprechen alsdann die Bildlinien Bb , welche gleichfalls senkrecht zur Achse stehen. Denn (Fig. 3) ziehen wir von irgend einem Punkte auf Oo , P , die Parallele zur Achse PY_1Y_2 und dann Y_2F_2 ,



welches Bb in Q schneidet, ziehen wir ferner PH_1 und QH_2 , dann ist :

$$Bb : Oo = H_2b : H_1o \text{ und weil } Oo = H_1X_1 = H_2X_2 \text{ ist,}$$

$$Bb : Oo = F_2b : F_2H_2. \text{ Es ist aber auch}$$

$Qb : H_2Y_2 = F_2b : F_2H_2$ und weil $H_2Y_2 = H_1Y_1 = PO$ ist,

$$Qb : Po = F_2b : F_2H_2, \text{ also schliesslich}$$

$Qb : Po = H_2b : H_1O$. Daraus folgt, dass auch PH_1 parallel zu QH_2 , also Q der Bildpunkt zu P ist.

Gehen wir jetzt noch einmal auf die in Fig. 2 dargestellten Verhältnisse zurück, so folgt, dass einer Objektgeraden O_3o_3 ausserhalb V_1 die Bildgerade B_3b_3 zwischen F_2 und V_2 entspricht der Objektgeraden O_2o_2 dagegen zwischen V_1 und F_1 die Bildgerade B_2O_2 ausserhalb V_2 . Lassen wir also die Objektgerade von einem sehr weit ge-

legenden Punkte aus nach der ersten Hauptebene bis F_1 hin wandern, so wandert die Bildgerade von dem zweiten Brennpunkte aus in der gleichen Richtung ins Unentliche. Die Zeichnung lässt uns ferner erkennen: So lange die Objektgerade vor dem Punkte V_1 liegt, ist das Bild verkleinert, rückt sie in den Punkt V_1 hinein, dann liegt die Bildgerade symmetrisch in V_2 und hat dieselbe Grösse, geht sie von V_1 auf F_1 zu, so ist das Bild vergrössert. Sobald die Objektgerade über F_1 hinausrückt, existirt ein auffangbares Bild überhaupt nicht mehr.

Die photographischen Objektive verwerten im allgemeinen den ersten Fall, in welchem das Objekt in der Strecke zwischen V_1 und Unendlich liegt, das Bild demnach zwischen V_2 und F_2 entsteht und verkleinert ist. Je stärkere Vergrösserung man erzielen will, desso näher muss man mit dem Objekte an den Punkt V_1 herangehen, im Punkte V_1 selbst erhält man das Bild in natürlicher Grösse.

Der letzte Umstand liefert das namentlich für symmetrische-Objektive besonders gut verwendbare Verfahren zur Bestimmung der Lage der Brennpunkte, auf welches oben hingewiesen wurde. Bei symmetrischen Objektiven, d. h. solchen welche aus zwei gleichen wie Bild und Spiegelbild gestellten Hälften der Linsenkombinationen bestehen, liegen die Hauptebenen H_1 und H_2 symmetrisch gegen den geometrischen Mittelpunkt des Systems und im allgemeinen so nahe an diesem, dass die Entfernung gegen die Entfernung des Brennpunktes vernachlässigt werden kann. Man benutzt als Objekt eine kurze Gerade, welche senkrecht zur optischen Achse an eine solche Stelle gebracht wird, dass das auf der Mattscheibe aufgefangene Bild derselben genau dieselbe Grösse erhält: Die Entfernung der Mattscheibe von dem Orte der Objektgeraden liefert alsdann die Strecke $V_1 V_2$ also sehr angenähert die vierfache Grösse $H_2 F_2$, das ist die vierfache Brennweite. Damit sind die prak-

tisch wertvollen Elemente für die Bestimmung der Lage und Grösse der Bilder gefunden. Die Vergrößerung bzw. in unserem Falle Verkleinerung ist direkt gegeben durch das Verhältnis der Strecken $H_2b : H_1o$, also bei symmetrischen Objektiven den vom geometrischen Mittelpunkte aus gemessenen Bild- und Objektentfernungen. Von den Punkten H_1 und H_2 aus erscheinen die einander entsprechenden Punkte des Objektes und des Bildes unter den gleichen Winkeln, also in perspektivisch ähnlicher Lage.

Auf die Modifikationen, welche bei den speziellen photographischen Apparaten für Telephotographie, Mikrophotographie u. a. eintreten, soll in diesem Aufsätze nicht näher eingegangen werden.

