

# 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: **22.07.2024**

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-

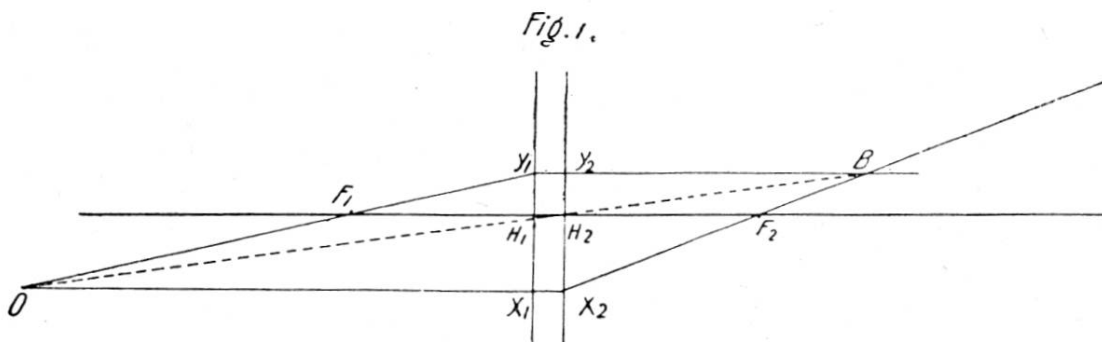




APRÈS LA PLUIE

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:

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

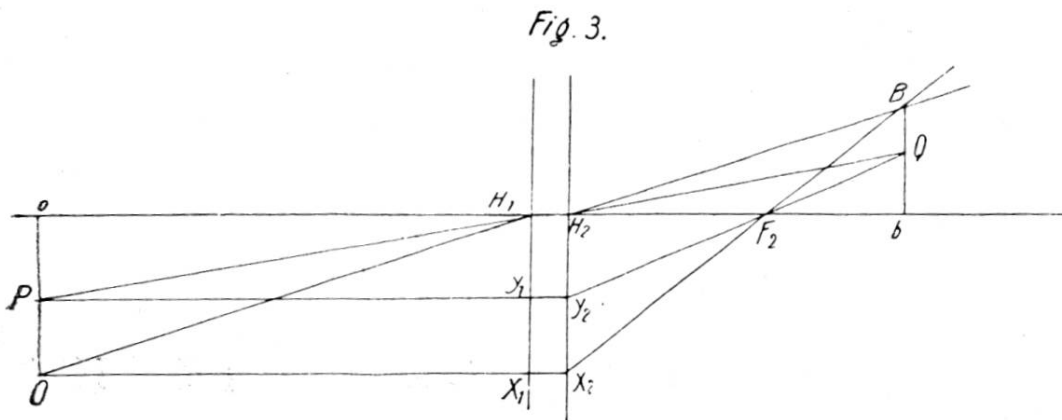
$$F_2 H_2 \times X_2 Y_2 = BY_2 \times X_2 H_2.$$

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



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.

