

Linse wirkt sie dagegen wie eine Vorderblende, sie erzeugt dann die Verzeichnung *B*. Da beide Verzeichnungen die entgegengesetzten sind, so heben sie sich gegenseitig auf, und das Resultat ist ein correctes Bild.

Solche Doppelobjective mit Centralblenden sind z. B. die Kugel-objective, Pantoskope und die neuen Steinheil'schen Aplanate. Die Portraitlinsen von Petzval sind ähnlich construirt, da aber die beiden Linsen sehr ungleich sind, so bleibt noch eine merkliche Verzeichnung übrig.

Ueber Lichtstärke und Gesichtsfeld der Linsen.

Unter der Lichtstärke einer Linse versteht man ihre Fähigkeit, ein mehr oder weniger helles Bild zu liefern. Diese Fähigkeit hängt ab 1) von dem Flächeninhalt der Linse, 2) von ihrer Brennweite, 3) von dem Verlust durch Reflexion und Absorption, welche das Licht beim Durchgange durch die Glasmasse erleidet.

Je größer die Fläche einer Linse ist, desto größer ist die Quantität der Lichtstrahlen, welche sie aufzunehmen vermag. Nun steht der Flächeninhalt im Verhältniß des Quadrats des Durchmessers, oder wie man sagt, der Oeffnung. Demnach werden sich die Lichtstärken zweier Linsen unter sonst gleichen Umständen verhalten, wie die Quadrate ihrer Oeffnung.

Sind die Brennweiten der Linsen verschieden, so liefern sie von einem und demselben Gegenstande ein verschieden großes Bild. Liefert z. B. eine Linse von 6" Brennweite von irgend einem Gegenstande, z. B. einem Menschen, eine Figur von 3" Höhe, so liefert bei derselben Entfernung eine Linse von 12" Brennweite eine Figur von 6" Höhe. Die Lichtmenge, welche von demselben Gegenstande unter denselben Umständen auf beide Linsen fällt, ist offenbar dieselbe, falls ihre Oeffnung dieselbe ist. Je größer aber das Bild desselben Gegenstandes ist, über eine desto größere Fläche wird dieselbe Lichtmenge zerstreut. Wird dieselbe Lichtquantität über eine Fläche von 2 Quadratzoll oder von 4 Quadratzoll Größe vertheilt, so ist im letztern Falle die Lichtmenge, d. h. die Helligkeit auf 1 Quadratzoll Fläche nur halb so groß, als im ersten Falle.

Nun verhalten sich die Flächeninhalte zweier ähnlicher Figuren wie die Quadrate gleich liegender Linien, z. B. wie die Quadrate ihrer Höhe; da aber die Größe einer Figur im Bilde der Brennweite einer Linse proportional ist, so verhalten sich demnach die Flächeninhalte derselben wie die Quadrate der Brennweiten, und da die Lichtstärke zweier Bilder im umgekehrten Verhältnisse ihres Flächeninhaltes steht, so folgt daraus:

Die Lichtstärken zweier Linsen verhalten sich, unter

sonst gleichen Umständen, umgekehrt wie die Quadrate ihrer Brennweite. Oeffnung und Brennweite sind demnach die Hauptelemente zur Beurtheilung der Lichtstärke einer Linse. Das directe Verhältniß der ersten, das indirecte Verhältniß der letzteren bilden das Criterium derselben. Will man daher zwei Linsen mit einander vergleichen, so dividirt man zunächst ihre Oeffnung o durch ihre Brennweite f und erhebt diesen Bruch ins Quadrat.

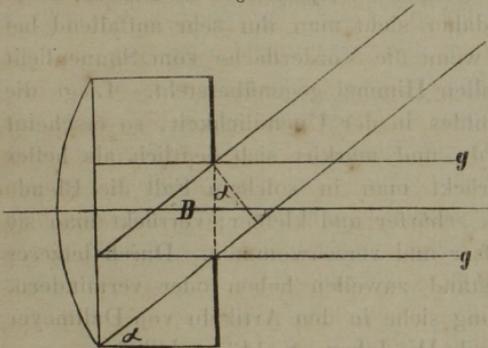
Man nennt diesen Bruch $\frac{o}{f}$ die relative Oeffnung.

Diese Berechnung gilt jedoch nur für Linsen mit voller Oeffnung. Benutzt man aber Linsen mit Blende, so ist statt der Linsenöffnung die Blendenöffnung zu setzen und dürfen nur Vorderblenden mit Vorderblenden, Hinterblenden mit Hinterblenden verglichen werden.

Nun ist aber die Lichtstärke eines Bildes nicht in allen Theilen dieselbe. Schon mit bloßem Auge bemerkt man, daß die Helligkeit der Linsenbilder von der Mitte nach dem Rande zu nachläßt.

Der Umstand ist leicht zu erklären. Man nehme den einfachsten Fall einer Linse mit Vorderblende. Der Durchmesser des gerade auffallenden Strahlenbüschels gg ist hier gleich dem Blendendurchmesser B , der Durchmesser des schief auffallenden Strahlenbüschels dagegen

Fig. 26.



ist gleich dem Blendendurchmesser, multiplicirt mit dem Cosinus des Einfallswinkels, d. h. gleich $B \cos \alpha$, demnach z. B. für einen Winkel von $60^\circ = \frac{1}{2}B$, und da die Helligkeiten sich wie das Quadrat der Oeffnung verhalten, so werden

die Helligkeiten für Mitte und Rand des Bildes sich verhalten wie 1 : 4. Je größer der Neigungswinkel der Strahlen gegen die Linse ist, desto geringer wird demnach die Helligkeit des Bildrandes, daher tritt dieser Fehler sehr auffallend bei den Weitwinkellinsen hervor.

Nun kommt dazu, daß bei schiefem Auffallen der Strahlen auf eine Linse ein nicht unbeträchtlicher Theil des Lichtes an der Oberfläche des Glases reflectirt wird, und daß dieser Lichtverlust mit dem Einfallswinkel wächst.

Daher rührt das namentlich bei kurzen Expositionen so auffallende Zurückbleiben des Randes gegen die Bildmitte. Unter Umständen kann dieses von Vortheil sein, wenn man das Hauptlicht auf einen charakteristischen, in der Mitte liegenden Gegenstand concentriren will,

z. B. bei Portraits auf den Kopf; sie wirkt aber sehr störend bei Aufnahmen von Gebäuden, Landschaften und Zeichnungen.

Die eben erwähnten Reflexe an der Oberfläche der Linsen bewirken aber noch eine andere unangenehme Erscheinung, den sogenannten Lichtfleck und das Entstehen secundärer Bilder.

Fällt Licht auf eine Linse, so wird ein Theil desselben an der Oberfläche reflectirt, ein anderer Theil geht hinein; an der Hinterfläche findet aber eine abermalige Reflexion statt, die reflectirten Strahlen treffen die Vorderfläche, werden hier wieder zurückgeworfen und nun von der Hinterfläche theils wieder zurückgeworfen, theils gebrochen; so entsteht ein secundäres Bild, welches allerdings sehr lichtschwach ist und daher bei kurzer Exposition selten nachtheilig ist, wohl aber bei langer. Der Focus dieses secundären Bildes ist abhängig von der Krümmung der Flächen, in der Regel ist er von dem Hauptbrennpunkte der Linse sehr verschieden und die Folge davon ist, dafs das secundäre Bild im Hauptbrennpunkt nicht scharf erscheint, sondern sich als verschwommener Lichtfleck neben dem hellen Gegenstande, der ihn veranlafst, markirt*). Je stärker gekrümmt die Flächen einer Linse sind, desto stärker spiegeln sie, desto heller ist das secundäre Bild resp. der Lichtfleck; je kleiner die Blende, desto mehr wächst seine Schärfe, daher sieht man ihn sehr auffallend bei den Kugellinsen, namentlich wenn die Vorderfläche vom Sonnenlicht getroffen wird, oder dem hellen Himmel gegenübersteht. Liegt die Brennweite des secundären Bildes in der Unendlichkeit, so erscheint dasselbe als Bild der Blende und markirt sich deutlich als heller Fleck mitten im Bilde. Verrückt man in solchem Fall die Blende nach vorn, so wird der Fleck schärfer und kleiner; verrückt man sie nach hinten, so wird er gröfser und verschwommen. Durch letzteres Mittel kann man den Uebelstand zuweilen heben oder vermindern. Näheres über diese Erscheinung siehe in den Artikeln von Dallmeyer und Steinheil, Photogr. Mittheil. IV. Jahrg., S. 143 und 283.

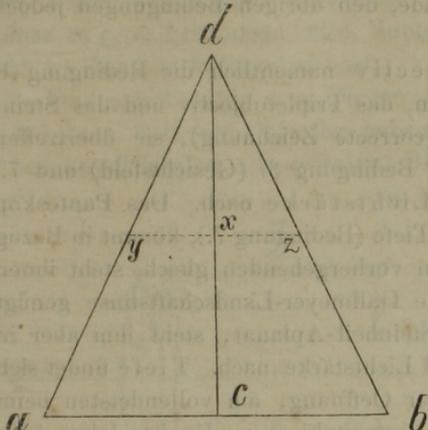
Wir haben nun noch zu erörtern, was wir unter Gesichtsfeld einer Linse verstehen.

Schraubt man eine Linse an eine grofse Camera, und stellt auf einen entfernten Gegenstand scharf ein, so erkennt man auf der matten Scheibe ein kreisrundes, ziemlich scharf begrenztes Bild. Der Durchmesser desselben ist unabhängig von der Blendengröfse. Vergleicht man Linsen verschiedener Construction und gleicher Brennweite miteinander, so erkennt man, dafs dieses kreisrunde Bild bei verschiedenen Linsen sehr verschieden an Gröfse ist. Den Winkel, unter

*) Herr Commerciennath Busch in Rathenow erzählt uns von einer Linse, bei welcher seltsamer Weise das secundäre Bild mit dem Hauptbilde dieselbe Brennweite hatte und als verkleinertes, verkehrtes Bild des Hauptbildes auf der matten Scheibe deutlich sichtbar war.

welchem dieses Bild vom optischen Mittelpunkt des Objectivs aus gesehen erscheint, nennt man das Gesichtsfeld der betreffenden Linse.

Fig. 27.



Ist ab der Durchmesser des runden Bildes, cd gleich der Brennweite, so ist der Winkel adb das Gesichtsfeld.

Von dem runden Bilde erscheint nur ein Theil scharf, nämlich der mittlere, und die Schärfe verbreitet sich um so weiter nach dem Rande hin, je kleiner die Blenden genommen werden.

Das bei einer bestimmten Blendengröße brauchbare Bildfeld ist demnach immer kleiner als das Gesichtsfeld.

Es wird ebenso wie das Gesichtsfeld aus dem Winkel bei d bestimmt, welchen zwei, nach diametral gegenüberstehenden, noch hinreichend scharf erscheinenden Punkten gezogene Linien mit einander machen.

Beschreibung der photographischen Objective.

Wir haben in dem vorhergegangenen Capitel die Mängel unserer optischen Gläser und die Mittel, sie zu vermeiden resp. auf ein Minimum zu reduciren, kennen gelernt. Wir haben in verschiedenen Punkten darauf hingedeutet, daß deren Wegschaffung mit Rücksicht auf die großen Anforderungen, die man an photographische Linsen stellt, nur theilweise möglich ist, und daher werden alle unsere photographischen Linsen selbst bei der besten Ausführung noch zu wünschen übrig lassen.

Man verlangt von einer photographischen Linse: 1) große Lichtstärke, um in möglichst kurzer Zeit, namentlich von Gegenständen, die sehr dunkel oder unruhig sind, Aufnahmen machen zu können. Diese läßt sich nur erreichen mit großen Oeffnungen und kurzen Brennweiten; 2) große Schärfe bis zum Rande. Diese ist nur mit kleinen Oeffnungen (Blenden) zu erzielen, also dem Gegensatz zu Bedingung 1.; 3) großes und ebenes Gesichtsfeld. Dieses bedingt sehr schiefe einfallende Strahlenbüschel, für welche die sphärische Abweichung und Bildkrümmung nur schwer zu corrigiren sind; 4) Freiheit von Verzeichnung; 5) Freiheit von Focusdifferenz; 6) Gleichmäßigkeit der Lichtkraft über das ganze Gesichtsfeld; 7) Tiefe, d. h. hinreichende Schärfe für Gegenstände, die verschieden weit von der Camera entfernt sind.

Alle diese Bedingungen sind nur schwer oder nicht gleichzeitig zu erfüllen, daher existirt bis jetzt noch keine Universallinse, welche